



PROGRAMMI,

OVVERO

REASSUNTI DELLE LEZIONI

D' UN CORSO DI COSTRUZIONE

PROGRAMMI,

OVVERO

REASSUNTI DELLE LEZIONI

D' UN CORSO DI COSTRUZIONE

CON APPLICAZIONI

SEGNATAMENTE TRATTE DALL' ARTE DELL' INGEGNERE DI PONTI E STRADE
GIUSTA IL SISTEMA D' INSEGNAMENTO ADOTTATO DAL CONSIGLIO
DI PERFEZIONAMENTO DELL' ANNO 1806

DI M. J. SGANZIN

ISPETTORE GENERALE DI PONTI E STRADE E DE' LAVORI MARITTIMI DE' PORTI MILITARI,
PROFESSORE ANZIANO DELLA REALE SCUOLA POLITECNICA, UFIZIALE DELLA
LEGION D'ONORE, CAVALIERE DEL REALE ORDINE DI S. MICHELE.

DALLA TERZA EDIZIONE PARIGINA NELL' ITALIANO IDIOMA RECATI

DA G. V.





Napoli

DALLA TIPOGRAFIA DELL' OMNIBUS
Vico Scaricatoio ai Guantai n. 19.

1835.

L' EDITORE

Dopo i progressi fatti nelle scienze fisico-matematiche, già da lungo tempo si sperimentava il bisogno d' un corso di costruzioni architettoniche, in cui si rinvenissero i metodi odierni, i nuovi trovati e precetti sicuri intorno la parte materiale dell' arte; quando lo Sganzin, ad insinuazione del Consiglio d' Instruzione della Scuola Politecnica di Francia, pubblicava per le stampe questi suoi Programmi, che noi ora riproduciamo nel nostro idioma, pei tipi napolitani. Non è quindi a stupire, se al primo loro apparire, furono con generale aggradimento salutati; senzachè, il nome del chiarissimo Autore, era per se stesso valevole a produrre una favorevole aspettazione.

Ma, e l' aspettazione, ed il sentimento del bisogno che si provava d'un libro così fatto, comechè grandi, superò poi di gran lunga l' Autore nella sua opera; la quale, d' allora in poi, fece parte del gran Corso d' insegnamento dell' anzidetta scuola Politecnica. Non guari dopo fu del pari adottata in Napoli ad ammaestramento degli alunni ingegneri di Ponti e Strade. E, per vero dire, l' ordine, la chiarezza e la brevità del dettato, fanno di essa uno de' più commendevoli libri d' instituzione elementale; siccome pure, per l' importanza delle dottrine, e per la scelta e novità delle applicazioni, è desso un libro necessario, non che utile, ad ogni classe d' ingegneri e di architetti, nell' esercizio della loro professione.

Avvisammo pertanto, che il renderlo comune in questa parte d' Italia, in dove e numeroso e fiorito è il ceto degli architetti, sarebbe stata opera utile e gradita insieme; nè male ci apponemmo nel nostro giudizio: imperocchè di già moltissimi, al primo annunzio che ne demmo, han fatto plauso con numerose soscrizioni. Laonde, correndoci ora l' obbligo di compiere la promessa, incominciamo dal primo quaderno, la pubblicazione della presente versione; della quale assicuriamo, se non altro, l' accuratezza e la fedeltà, e nella

quale non si troveranno numerose note e comenti, ma alcune poche noterelle onninamente necessarie in alcuni luoghi del testo, e qualche addizioni del pari richieste dal progresso posteriore della scienza, ed attinte in altre opere celebrate.

Al primo fascicolo non corrisponderebbero tavole, ma noi ve ne alleghiamo tre, per equiparare il suo costo a quello degli altri due.

In fine del terzo apporremo i nomi de' soscrittori.

AVVERTIMENTO DELL' AUTORE

Il titolo di questo scritto indica ciò che se ne ha ad aspettare, e lo scopo propostosi nel darne alla stampa i fogli. Non si ebbe già pretensione di fare un opera completa sull' Arte Edificatoria, nè su quella dell' Ingegnere di Ponti e Strade; ma si bene di rammentare agli Allievi della Scuola Politecnica le più essenziali cose d'un corso vocale, il quale entrava siccome parte integrante, nella serie degli svariati obbietti di che componevasi in quell' epoca l' insegnamento, che alla scuola quelli ricevevano.

Non avendo la brevità di questo corso permesso di portare le indagini in tutt' i particolari dell' Arte delle Costruzioni, uopo è stato limitarsi a quello ch' è paruto più essenziale. Nella prima parte gli Allievi acquistano la cognizione delle differenti specie di materiali che adoperansi nella struttura degli edifizi; e, siccome il miglior modo d' insegnamento, a far che i principi generali, ed i varj metodi di costruzione si stabiliscano, si è di offrirne applicazioni, sonosi a quest' obbietto le ultime due parti destinate.

Questo corso è fatto da un Ingegnere di Ponti e Strade. Or il cerchio delle attribuzioni, onde siffatto pubblico servizio si compone, offrendo di numerose occasioni per applicare i principi che alle Scuole s' insegnano, egli era naturale che fra le opere a questa classe d'Ingegneri affidate, le applicazioni si trascegliessero.

Si troveranno in questi sommari, lezioni unicamente destinate alle meditazioni degli Allievi, principi generalmente riconosciuti, formule, e risultamenti di sperienze e d' osservazioni alle costruzioni relative. E, così riguardati, non solo a quegli Allievi che all' Ufizio d' Ingegnere di Ponti e Strade sono destinati, essi saranno proficui, ma a coloro eziandio, che dedicansi alle altre differenti branche del pubblico servizio.

Era necessario questo cenno preliminare per antivenire gli equivoci circa il fine dell' opera, e sulla intenzione dell' autore; del resto egli, nello stampare questi *reassunti*, non ha fatto che esaudire il voto in quell' epoca manifestato dal Consiglio d' Instruzione della Scuola.

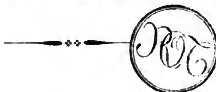
PROGRAMMI

OVVERO

REASSUNTI DELLE LEZIONI

D'UN

CORSO DI COSTRUZIONE



PREAMBOLO

Questo Corso avrà per iscopo, la più compiuta instruzione che sia possibile dare agli allievi in questa parte, con aggiugnere all' antico Corso ciò che mancavagli per lo adempimento di tal fine.

Si comporrà di trenta lezioni, e sarà diviso in tre parti.

Le prime dieci si aggireranno sui materiali, e formeranno la prima parte.

Obbietto delle undici seguenti saranno alcune applicazioni alla costruzione delle strade e de' ponti di fabbrica e di legname.

La terza parte infine, di nove lezioni composta, porgerà princìpi sulla miglior disposizione de' progetti delle differenti maniere di canali e di porti di mare, ed offrirà applicazioni alle opere, che a' porti di mare riferisconsi, ed alla navigazione, così de' fiumi come de' canali.

PARTE PRIMA.

SUNTO DELLA I.ª LEZIONE.

Delle pietre risguardate nel rispetto del loro uso nelle costruzioni, siccome pietre da taglio (1).

MATERIALI

I materiali, ravvisati quali principali elementi delle costruzioni, dan luogo a due sorte d' investigazioni.

1.° Disamina delle loro parti costituenti, e delle loro qualità.

2.° Loro impiego.

Fra i materiali si distinguono precipuamente:

Le pietre, i laterizi, la calcina, la sabbia, il gesso, il legname ed i metalli.

Ciascuna di queste specie di materiali sarà partitamente, e successivamente esaminata.

PIETRE

Le pietre sono il prodotto dell' unione delle terre elementari pure, o con altre sostanze combinate; esse compongono una copiosa terminologia.

I naturalisti, nello stabilire la classazione delle pietre, non han tutti calcata la medesima via.

Taluni hanno adottato per base della classazione le qualità visibili o fisiche; altri han classaficate le pietre dipendentemente dal natural modo d' aggregazione delle loro parti costitutive: tal' è il sistema del celebre naturalista Haüy.

Alcuni naturalisti infine, in cima a' quali vuolsi porre il Cronsted, han classate le pietre in conseguenza della chimica loro composizione.

L' ultima classazione è quella che conviene adottare nell' arte di fabbricare.

Laonde divideremo le pietre in:

Pietre {
- Argillose
- Calcaree
- Gessose
- Scintillanti, ovvero silicee
- Composte

PRIMA CLASSE. *Pietre argillose.*

Sono composte di terra alluminosa, ordinariamente mista alla silice ed all' ossido di ferro. Non fanno effervescenza con gli acidi, sono dolci al tatto, formate di lamine soprapposte e separabili: tali sono gli scisti.

(1) Questo Corso era noto altravolta per lo titolo di *Geometria descrittiva applicata*: quello di *Corso di Costruzione* meglio gli si addice.

SECONDA CLASSE. *Pietre calcaree.*

Fanno effervescenza con gli acidi, sono in generale composte di calce e di acido carbonico, e miste per l' ordinario con l' allumina, la silice, la magnesia e col ferro ed il manganese ossidati.

Esposte un certo tempo all' ardore del fuoco riduconsi in calcina.

Questa classe provvede il maggior numero delle pietre in uso nelle costruzioni

Dipendentemente dal loro impiego nell' arte di edificare, van divise in due principali sezioni: la pietra comune da fabbricare, ed i marmi.

Fra le pietre da fabbricare, i marmi occupano il primo luogo per la loro durezza, e per la loro proprietà di ridursi ad un bel pulimento.

I più bei marmi destinati agli adorni degli edifizi, sono:

1.° Il marmo bianco, quali sono quei di Paros e di Carrara: esso riserbasi per l' arte dello statuario.

2.° L' alabastro: è una specie di marmo alquanto diafano. Se ne lavoran vasi, colonne ed altri articoli d' interno ornamento.

3.° Il marmo breccia è un composto di frammenti angolosi riuniti con un cemento calcareo.

4.° Il marmo pudingo è un' aggregato di frantumi ritondati, ed uniti da un cemento calcareo.

5.° La pietra di Firenze: questo marmo rappresenta figure di vegetali, ovvero apparenze di rovine d' edifizi.

6.° Il marmo lumachino è un ammasso di conchiglie riunite da un cemento calcareo.

Cotali sono, infra le numerosissime pietre di questa specie, i principali marmi d' Italia. La più parte de' dipartimenti del regno somministra marmi corrispondenti a queste principali varietà: notabili sopra tutti sono quei che traggonsi dai Pirenei, alcune varietà de' quali vincono in qualità quei d' Italia, e si approssimano agli antichi per la bellezza e per la durezza.

Comechè sembri il marmo soltanto riserbato da' moderni costruttori ad essere adoprato levigato negli ornamenti di edifizi d' una sontuosa architettura, ciò non pertanto la sua durezza lo rende atto alla costruzione di ponti e di altre opere, il cui principal carattere è la solidità. La più parte delle cave del regno sono di questa seconda classe di pietre, e somministrano alcune specie di marmi che adopransi grezzi, ovvero semplicemente tagliati senza esser levigati.

TERZA CLASSE. *Pietre gessose.*

Esse sono composte dall' acido solforico unito alla calce come base essenziale.

Gli acidi, siccome nelle precedenti, non vi producono effervescenza, e, percosse col focile, non isfavillano.

La specie più utile per le costruzioni fra le pietre di questa classe, è il gesso, ovvero pietra da gesso.

QUARTA E QUINTA CLASSE. *Pietre scintillanti, e composte.*

Non fanno effervescenza con gli acidi, e percosse col focile, scintillano.

Le rocce composte di frammenti di pietre di varia natura, occupano il primo luogo in questa classe. Le differenti specie van distinte dal nome della sostanza dominante con l' aggiunta di quello delle altre, che compongono il misto.

Le principali sono :

La roccia { feldspatica, il granito; serpentina, la serpentina; pietrosilicea, il porfido; arenarea, la grès }

Fra le specie de' numerosi generi di questa classe, si distinguono con particolarità nelle costruzioni, per le eccellenti qualità loro, il granito e la grès: le lave, i basalti, le pozzolane, comunque non pertinenti a questa classe, sono del pari adoprate nell' arte del fabbricare ; le pozzolane soprattutto, polverizzate, sono della maggiore utilità per la costruzioni nell' acqua, siccome sarà mostro all' articolo delle malte.

Tal' è la classaziane generale delle pietre, quale dagl' ingegneri viene adottata; ma gli operai, nel ravvisare le pietra soltanto per taluni rispetti più facilmente osservabili e concepibili, fatta astrazione da' loro principi costitutivi, si limitano a dividerle in pietra tenera, ed in pietra dura.

La mostra, ovvero la grandezza de' massi, dà luogo ancora ad altra distinzione fra pietra da taglio, e pietrame (*moellon*). Cotal distinzione è essenziale nell' arte delle costruzioni.

Egli è dunque sotto questi due ultimi riflessi della durezza e della grandezza della mostra, che noi ci facciamo ad esaminare le pietre atte alle costruzioni.

Granito

Il granito, dalla più parte de' naturalisti considerato siccome roccia primitiva, componesi essenzialmente di quarzo, di feldspato e di mica.

I costruttori ne distinguono di due sorte: il duro, ed il tenero.

Quel granito è duro in dove abbondi il quarzo, e poca mica vi abbia ; è il migliore per le costruzioni. Questa roccia granitica si rinviene in grandi masse quando è di prima formazione. Ove sia di seconda formazione, si trova in massi isolati.

L' uso del granito duro giova nella costruzione delle opere idrauliche, e di quelle segnatamente che sono esposte al mare, all' urto de' flutti e dei massi da essoloro rotolati su di alcuni punti delle nostre coste, in dove cotali alluvioni, tostamente distruggono le opere non costrutte con pietra che sia durissima.

Il muro di cinta del porto dell' Havre, dal lato del mare, è costrutto di granito duro fino all' altezza in cui l' effetto delle alluvioni dette *galets* si esperimenta.

La più parte de' nostri dipartimenti forniscono granito duro ; le coste dell' Ocea-

no, da Cherbourg infino alla Loire, copiosamente ne sono provviste. Se ne rinviene nelle Vosges, e ne' monti della Bourgogne e dell' Auvergne.

Gli antichi adopravano sovente il granito: le più belle colonne, gli obelischi che i Romani dall' Egitto trasportarono a Roma, sono di quella specie di granito duro noto pel nome di *granito orientale*.

Il granito tenero, in alcuni dipartimenti distinto col nome di *grison*, non racchiude se non pochissimo quarzo. Facilmente si taglia; ma per la sua friabilità, mal conserva gli spigoli, e non produce di belle costruzioni.

Il porfido, la serpentina, le brecce ed i pudinghi, non si adoperano mai come pietra da taglio; la rarità di cotali sostanze le rende preziosissime, e la loro durezza permette soltanto di porle in opra per interni ornamenti, come colonne, vasi e stipiti di cammini.

Ai graniti tengon dietro le grès, nel rispetto della durezza. Siffatte pietre sono formate di granelli più o meno attenuati, uniti da un glutine siliceo o alluminoso.

Codesta roccia non si rinviene in istrati continuati: bensì in masse irregolari, isolate, e sovente sulla superficie della terra.

Grès, ovvero *Arenarea*.

Del pari che il granito, si divide la grès in grès dura, ed in grès tenera.

Della dura se ne fanno selciate; quella la cui grana è meno compatta adoprasi per pietra da taglio; la grès tenera infine fornisce le mole per aguzzare gli strumenti, e le pietre da feltrar l' acqua.

Si fa uso della grès con buon successo nelle costruzioni tanto all' aria che nell' acqua: resiste agli effetti delle gelate, e non istruggesi all' aria; non pertanto è raro che si adoperi come pietrame, essendosi notato che fa difficilmente presa con la malta.

Pietra-molare.

La pietra-molare è anche una pietra silicea: se ne distingue di due specie; l' una rinvienesi in banchi, o in grandi masse, ed è atta a fornir mole da molini d' un sol pezzo; l' altra si trova in pezzi isolati e sparsi nei campi, di cui benanco si fabbricano mole da molini, riunendoli mercè di cerchi di ferro, e con gesso. Adoprasi altresì, questa seconda sorta di molare come pietrame, ed eccellente è la muratura che ne risulta, perciocchè il cemento s' insinua nelle numerose cavità di cotal pietra, con la quale ha d' altronde molta aderenza.

Tutte codeste sorte di pietre resistono al più violento fuoco.

Pietre calcaree.

Questa seconda classe, la quale in durezza segue immediatamente le precedenti, fornisce la più parte delle pietre da taglio maggiormente in uso nelle costruzioni.

Queste pietre distinguonsi del pari in dure ed in tenere.

Sono dure quelle che non possono segarsi se non mercè la sega ad acqua e sab-

bia: tali sono i marmi, e taluni banchi delle Cave nei dintorni di Parigi chiamati *liais* e *cliquart* (1).

Pietre calcaree tenere sono quelle, che si possono segare con la sega dentata. Sono di tal sorta le pietre che adopransi a Parigi col nome di *Conflans* e di *Saint-Leu* (2).

Grana fine ed omogenea, tessuto compatto uniforme e di densità uguale e facoltà di non assorbire l' umidità: tali sono le qualità che più o meno caratterizzano la bontà di cotali pietre.

Importa alla durata degli edifizi di non adoprare nelle costruzioni, se non pietre che abbiano le qualità testè menzionate. Esaminando gli edifizi costrutti con pietre d' una cava da molto tempo aperta, si viene alla certezza delle qualità loro; ma, fa duopo pria d' usarne, trarne de' massi di sperimento ed esporli all' aria, all' acqua, al gelo, ed anco all' azion del fuoco.

Di leggieri riconoscesi l' effetto della gelata sulle pietre che assorbono l'umidità: la superficie si sfarina; alcune fiate schiantansi, e si sfaldano le fronti. Nelle costruzioni vanno rifiutate pietre siffatte.

Ove la cava presenti ben distinti gli strati, ovvero banchi di pietre, siccome suole intervenire, fa mestieri avervi riguardo nello impiego delle pietre; le quali vogliono essere sempre collocate siccome lo erano nel letto della cava, o che i filari siano orizzontali, o che siano inclinati all' orizzonte, come nella struttura delle volte. La solidità dell' edifizio esige questa precauzione: gli operai intelligenti s' ingannano di raro sulla vera situazione del letto della cava, e ben sanno che ogni pietra dee *giacere sul suo letto*, siccome essi dicono. Una pietra la quale, qer la sua positura in una massa murale, sperimenta l' effetto della pressione che su di lei si esercita, in una direzione che non sia normale al letto della cava, dicesi *posta in fallo*. È questo un vizio di costruzione, che vuolsi con cura tener lungi.

La ricerca della gravità specifica delle pietre, mena al conoscimento della densità loro. Tal cognizione è importante; ma ve n' ha un' altra ch' è indispensabile acquistare per la riuscita delle costruzioni: vogliam dire quella che mostra il grado di forza di pressione, cui sono capaci di sofferire le pietre che s' impiegano, pria di schiacciarsi. Questa cognizione determina il limite della dimensione di altezza d' un progetto, e quella d' ampiezza d' una gran volta.

La sola esperienza può far conoscere la forza di resistenza assoluta delle pietre: degli abili ingegneri e costruttori si sono di cotal ricerca occupati, ed i risultamenti delle loro sperienze compongono le tabelle che in parecchie opere rinvengonsi, e segnatamente nel 1.° volume dell' *arte di fabbricare* per Rondelet.

Nell' esaminare questi prospetti de' pesi e delle resistenze comparate, notasi il seguente ordine nelle pietre da taglio, considerate nel rispetto della durezza, e della resistenza alla pressione.

---

(1) *Liais* pietra di Bagneux presso Parigi; *cliquart* pietra di Meudon presso Parigi. T.

(2) *Conflans*, luogo donde traesi una specie di pietra tenera che in Parigi dicono *Lambourde*. T.

ESTRATTO del prospetto relativo alla resistenza delle pietre da taglio, rappresentante i pesi e le resistenze di pietre trascelte fra le specie più generalmente atte a differenti maniere di costruzioni.

INDICAZIONE DEI CUBI messi a sperimento.	PESO del piede cubico.	PRESSIONE esercitata per ischiacciare un cubo avente 4 pol. superficiali in ciascuna delle facce
Pietre scintillanti.		
Basalto d' Auvergne.	201	124,416 libre
Granito ; varietà de' Vosges ; color di foglia morta	186	49,536
Granito rosa orientale	186	52,703
Grès bigiccio de' dintorni di Pont-Ste.-Maxence	173	56,129
Pietre calcaree.		
Pietra adoprata nella costruzione del ponte di Ste.-Maxence . . .	175	23,380
Cliquart di Meudon.	170	29,120
Liais di Bagneux.	170	27,020

Le tabelle de' numerosi sperimenti dalle quali è ricavato questo prospetto, provano in generale, che fra le pietre della medesima classe, quelle di cui la grana è più fine, la testura più compatta, ed il colore più fosco, sono le pietre capaci di resistere alla pressione maggiore.

Altra osservazione assai importante nell' arte delle costruzioni, desunta da altre pruove instituite sopra pietre di medesima specie si è che, paragonando le resistenze loro, queste sono presso a poco come il cubo delle gravità specifiche (1). Codesti sperimenti sonosi fatti sopra differenti cubi ricavati dallo stesso masso di pietra.

Variando le sperienze, e sovrapponendo più cubi, si è riconosciuto che a schiacciargli fa duopo una forza assai minore di quella che, se il parallellepipedo fosse stato d' un sol pezzo.

Si è cercato di determinare per via di sperimenti, se la forza di resistenza

(1) *Arte di fabbricare* per Rondelet, lib. V, pag. 82 e seg.

delle pietre cresceva in ragion dell' aia della lor base, e se la diversa figura delle basi influiva sulla forza delle pietre.

Sperimenti ultimamente instituiti con la maggior diligenza stabiliscono, che in pietre di egual natura, e di simili basi, la forza di resistenza cresce in ragione della superficie delle basi; e, quanto all' influenza della figura della base, si è osservato, che a superficie uguali, fra due pietre, una a base rettangolare, l' altra a base quadrata, il peso che vale ad infrangere la prima è minore di quello che schiaccerebbe la seconda; che, infine, sono dotate della maggior resistenza quelle, la cui basi è un cerchio.

I rapporti delle resistenze in questi tre casi diversi della figura delle basi, sono indicati da' seguenti numeri: 703 pel rettangolo, 806 pel quadrato, 917 pel circolo.

Da codesti ultimi sperimenti emergono inoltre le seguenti osservazioni.

Le pietre da taglio cominciano a schiantarsi ed a fendersi sotto un peso poco maggiore della metà di quello necessario per istiacciarle interamente.

Le pietre gravate d' un peso minore di quello necessario per istiacciarle, finiscono non pertanto per ischiantarsi, ove il carico eserciti la sua pressione per un certo tempo.

Ei segue da quest' ultima osservazione, che non debbasi giammai far sopportare ai punti d' appoggio d' un edifizio, se non la metà circa del carico, cui una pietra può per esperienza resistere.

La buona scelta delle pietre da taglio, e l' uso d' un' apparecchio a grandi dimensioni, contribuiscono alla durata degli edifizi. Gli egizi monumenti, quei di Grecia e di Roma provano, che per adempire questa duplice condizione, non badentavano gli antichi, nè la spesa, nè la difficoltà dell' esecuzione.

GIUNTE ALLA PRIMA LEZIONE

A quanto il n. a. è venuto fin qui sponendo intorno alle pietre da taglio, stimiamo pregio dell' opera aggiugnere le poche cose che seguono, e che tragghiamo dalle *Istituzione di Architettura Statica ed Idraulica* del Cavalieri San Bertolo.

I.ª Le qualità che nel rispetto della solidità importa di considerare nelle pietre da costruzione sono: 1.° la grandezza o sia il volume, 2.° la gravità specifica, 3.° la resistenza, 4.° la durevolezza, 5.° la lavorabilità, 6.° la durezza, 7.° l' affinità con le malte.

1.° *Grandezza, o volume*. Da questa nasce la distinzione fatta dal n. a. di pietre da taglio, e di pietrame.

2.° *Gravità specifica*. Conoscenza indispensabile al calcolo delle pressioni e delle spinte, nelle costruzioni; come pure a quello della potenza necessaria alle manovre architettoniche tendenti al trasporto ed allo innalzamento de' massi di pietra. Dessa varia fra lontani limiti: quella a modo d' esempio del basalto di Svezia ascende a 3065, mentre quella di una spezie di pietra pomice, non è maggiore di 556.

3.° *Resistenza*. Di tre sorte: assoluta, rispettiva, ed assoluta negativa. Soltanto dell' ultima dice il n. a., perciocchè di rado interviene che le prime vengano poste a cimento nelle costruzioni; ed alle osservazioni desunte dagli sperimenti del Rondelet, che nel testo si trovano, vuolsi aggiugnere quella nascente dal rapporto dell' altezza alla base. Ecco le parole del Cavalieri: « L' ipotesi, che la resistenza allo schiacciamento sia proporzionale all' area della » base premuta, si verifica generalmente nei solidi simili. Ma per altro, a tenore delle spe» rienze, non può negarsi qualche influenza anche al rapporto fra l' altezza e la base; e si » è osservato che la figura più favorevole è quella del cubo, e che la resistenza diminuisce sen» sibilmente, se la figura diviene più alta, o più piatta ».

4.° *Durevolezza*. Facoltà di resistere alle ingiurie dell' umido, del gelo, del fuoco e della salsedine. Non tutte le pietre sono ugualmente dotate di questa importante facoltà, ed alcune sono atte a resistere piuttosto ad una che alle altre delle fisiche cause prenominate. Poche sono le capaci di resistere all' azione del fuoco: i marmi, ed i graniti stessi, debbono cedere al suo potere. Fra quelle atte a sopportarla senza detrimento, benchè continuata, sono la *Manziana*, che cavasi nella provincia di Civitavecchia, ed ancor più la *pietra santa*, che cavasi in Toscana.

5.° *Lavorabilità*. Prerogativa per cui le pietre sono più o meno capaci di prendere le forme stabilite, ed il polimento. La maggiore o minore lavorabilità non si desume dalla maggiore o minore durezza, poichè l' arte ha in pronto i mezzi per vincere questa difficoltà; ma bensì dai vizi naturali delle pietre: come sarebbero la fragilità, la crudezza, la mancanza di omogeneità, le screpolature. Il lavorio delle pietre da taglio riducesi a due operazioni, che sono: 1. la segatura, 2. il taglio; alle quali, pei marmi destinati alla decorazione, si aggiugne la 3. del polimento.

Per mezzo della segatura i massi o rocchi grezzi, provenienti dalle cave, si dividono in lastre di maggiore o minore grossezza, secondo gli usi a cui si destinano. Quest' operazione sulle pietre tenere si eseguisce con seghe dentate; sulle pietre dure con lame liscie, l' azione delle quali diviene efficace a recidere la pietra, soltanto per l' attrito prodotto dall' arena silicea diluita con l' acqua, che si va infondendo di tanto in tanto nella traccia della sega. Dove non si hanno sabbie adattate, si adopera la pietra arenaria (*grès*) polverizzata. Per segare i marmi più duri, si fa uso dello smeriglio, non tanto per agevolare l' operazione, quanto per rendere minore la quantità di pietra che si consuma nella grossezza dall' incisione. Le seghe ordinariamente nelle officine degli scalpellini sono mosse a braccia. Ove le circostanze consentano di farle muovere dall' acqua, mediante opportuni macchinismi, la segatura delle pietre riesce assai meno dispendiosa. Le lame sogliono essere ordinariamente della lunghezza di circa m. 2,60; un' abile segatore produce in ogni minuto, per un dato medio, cinquanta alternazioni di sega, facendo percorrere alla lama in avanti ed in dietro da 40 a 54 centimetri.

Quindi i massi che si sottopongono alla segatura possono avere la lunghezza di metri 2 circa; e quando si tratta di piccoli rocchi, si uniscono insieme in modo che formino un composto della detta lunghezza di due metri, saldandoli sopra una lastra di pietra, che abbia alle estremità due labbri rilevati per potere stringere tutt' i rocchi, ed impedire che scorrano sotto l'azione della lama.

Il taglio tende a ridurre i rocchi di pietra alle forme ed alle dimensioni opportune, secondo l'uso a cui sono destinati. L'operazione effettiva consiste nel recidere, o *mandare in iscaglie il rustico*, cioè la pietra superflua, staccandola con uno scalpello appuntato, che dicesi *subbia*, a colpi di martello. Quelle facce delle pietre che si trovano già spianate dalla sega non han bisogno d'altra riduzione: quelle sulle quali è caduto il taglio, si spianano togliendo le irregolarità lasciate dalla *subbia* a colpi di *martellina*; la quale altro non è che un martello a taglio dentato, che da una parte ha i denti più grandi e dall'altra più minuti. Da prima si batte con la parte a denti più grossi, ed infine si tolgono le più minute irregolarità, adoprando quella parte della martellina che ha i denti più piccoli. Le facce così spianate diconsi volgarmente in pratica ridotte a *pelle piana*. Le facce ricurve, ridotte con simile processo, diconsi a *pelle centinata*. Nei marmi queste ultime operazioni si eseguiscono non con la martellina, ma mediante scalpelli dentati detti *gradine*, de' quali uno a grossi denti, l'altro a piccoli denti, facendo uso prima di quello a denti grandi e poscia dell'altro; finalmente si fanno sparire le più minute asperità mediante uno scalpello usuale. Le superficie già piane, per essere state rase dalla sega, non han bisogno di ulteriore riduzione, e diconsi a *pelle piana di sega*. Il polimento della superficie de' marmi si ottiene in generale mercè di sei successive operazioni, e sono: l'*orsatura*, la *rotatura*, la *stuccatura*, la *pomiciatura*, la *piombatura* o la *strufolonatura*, e finalmente lo *schiarimento* o *brunitura*. Ma il polimento de' marmi è articolo che riguarda semplicemente la decorazione.

6. *Durezza* — Qualità che preserva le pietre dal logorarsi per l'attrito — Alcune pietre, comunque dotate di un plausibile grado di resistenza, non possono adoprarsi, per difetto della proprietà in discorso, per alcuni usi: come nelle selciate, ne' pavimenti, nelle scale. Il rapporto de' tempi necessari a segare due massi di pietra diversa, in una stessa estensione superficiale, dà quello delle durezze rispettive.

7. *Affinità con le malte* — Questa facoltà è maggiore, secondochè minore è la durezza, meno compatte sono le pietre, e meno liscie sono nella superficie. Si è non pertanto osservato che poca ve ne hanno le arenarie, e molta le molari.

Le pietre ne' naturali depositi sono ordinariamente coperte da uno strato superiore di materia lapidea sì, ma non perfettamente consolidata, la quale è fragile, incapace di resistere all'aria, all'umido ed al gelo, e che volgarmente dai cavapietre e dagli scalpellini vien chiamata *cappellaccio* — Questa materia, disadatta ad ogni sorta di lavori, deve separarsi nelle petraie dalla buona pietra da costruzione; e, se qualche parte ne rimane attaccata ai massi, importa che ne venga distaccata nella lavoratura (*Cavalieri vol. 2. pag. 8 e seg.*).

II.ª In luogo di qui arrecare quello che forse a taluno potria parer giusto di trovare, cioè una lunga infilzata de' nomi di tutte le pietre di ogni qualità, di cui l'arte edificatoria si avvale; noi stimiamo fare opera di gran lunga più utile alla generalità de' leggitori, additando in questa giunta il più brevemente che per noi si potrà: 1. in quali regioni geologiche sia dato rinvenire ciascuna delle quattro condizioni di pietre noverate dall'autore, cioè le scintillanti e composte, le argillose, le calcaree e le gessose; 2. quindi in quali contrade del nostro regno elleno abbondino, od almeno in quai siti faccia duopo ricercarle; 3. infine a quale uso suole l'arte adoperarle in generale.

In ciò fare ci prevarremo delle più recenti nozioni geologiche circa la divisione, e materiale struttura de' terreni, riunite da Nérée Boubée nel suo corso di Geologia; e ci gioveremo delle poche notizie geologico-minerali del nostro regno, che si attingono nelle opere del Melograni, di E. Pini, del Conte Milano e di altri.

Pietre scintillanti, *e composte*, cioè: il *granito*, la *serpentina*, il *porfido*, la *grès* ovvero *arenarea*.

Il granito è la materia predominante del terreno primordiale. Nel terreno dunque detto *primitivo* vuolsi quella qualità di pietra ricercare.

Afferma il Melograni che l' Appennnino, nello attraversare che fa la italiana penisola, non fa mostra di cotal roccia che nella Basilicata e nelle Calabrie. Ma, rocce di sembianze primitive, e di transizione sono state del pari vedute dal Pini su pe' monti che coronano la spiaggia fra Salerno e la Licosa. Nel gruppo di Aspromonte, nell' estrema Calabria si rinviene anche la *Sienite*, varietà di granito in cui la *mica* è *sostituita* dall' *anfibolo*.

Il *granito*, e la *Sienite*, perchè sieno inaccessibili all' azione struggitrice dell' atmosfera, fa duopo ricercarli in quei monti che più erti, più alpestri e più dirupati si appalesano; ma il ritrarli, ed il porli in opera, fia mai sempre dispendiosissima cosa. Ove per lo contrario se ne voglia, che più di leggieri si spicchi dal monte, e che sia più docile al lavorio, conviene esplorare i monti granitici più tondeggianti, e la cui superficie sia meno scabra; ma le opere di cotal pietra facilmente si struggono all' aere, e perdono le primitive forme loro.

Fra le rocce primordiali va ancora annoverata la calcarea detta primitiva; ma di questa sarà discorso alla classe delle pietre calcaree.

Dappresso i monti granitici, si trovano talvolta la *serpentina* ed il porfido, (produzioni vulcaniche di tempi immemorabili) quando in filoni e quando in massa, o formanti montagne coniche non ricoperte da posteriori formazioni. La loro pasta è sopra modo dura e compatta, e malagevole n' è il lavorio: il perchè nelle sculture, e negli ornamenti architettonici soltanto, sogliono adoperarsi.

Le rocce primitive hanno posteriormente somministrata, o co' loro frammenti, o co' loro elementi la materia di altre rocce. Tali sono le *brecce*, i *puddinghi*, la *grauvack*, le quali non sono che agglomerazioni di frammenti lapidei, insieme collegati da un cemento naturale. Ce ne ha che sono di assai bella appariscenza, e che però si destinano anche alla decorazione.

La *pietra-molare* non è se non *quarzo* compatto misto all' argilla ed al carbonato calcareo. Ella è tutta bucherata da piccole cellette irregolarissime. Allorquando la dose dell' argilla o della calce è tenue, costituisce la selce, ovvero pietra focaia, e la si rinviene in massi o rognoni isolati. Ella è ricercatissima per lo mantenimento delle inselciate. Infine dalla pietra molare in massa si tagliano le mole da molini.

L' *arenarea* (grès), composta di minuzzoli silicei o quarzosi, combinati le più volte con argilla, o con carbonato calcareo, si trova ne' terreni di *transizione*, nei *secondari*, ed in gran copia nel terreno detto *terziario* — Quindi è che, entrando questi terreni nella composizione materiale del suolo di tutte le provincie del nostro regno, elleno possono tutte somministrare quella sorta di pietra.

Allorquando l' *arenarea* è combinata coll' argilla o col carbonato calcareo, fornisce di eccellenti pietre da taglio; allorchè è isolata e silicea, si serba per inselciare le vie; se infine si trova in istato di dissoluzione, destinasi a servir di sabbia nella composizione delle malte. Ella si adopera eziandio per mole da molini, come si fa di quella di Massa Lubrense, e di S. Giuliano presso di noi.

Il basalto è la pietra di cui le vie di Napoli sono lastricate, e di cui il Vesuvio ne provvede: ella è la materia eruttata dai vulcani ed indurita dal tempo. Laonde si può presumere di rinvenirla in tutt' i siti vulcanizzati del nostro regno.

Pietre argillose — Intende l' autore favellare degli scisti alluminosi o argillosi, più comunemente detti *ardesie*, e diversi dagli scisti micacei, o talcosi che rinvengonsi fra le rocce primitive. Gli scisti argillosi ovvero ardesie, fan parte del terreno secondario, e propriamente di quello detto *intermedio*, ovvero di *transizione*, e la materia argillosa di che si compongono, trovasi le più volte in combinazione col ferro ossidato o solforato, al quale la loro fragilità vuolsi accagionare.

L' arte suole adoprare codesta pietra, nota nel commercio pel nome di *pietra di lavagna*,

in ricoprire le armadure de' tetti di grandi edifizi, in sedili, in gradini di scale leggiere: in quegli usi infine ne' quali ella, nè soggiace a pesi soprastanti, nè è esposta alla contingenza di percosse gagliarde. L'ardesia non manca nel nostro regno, e, sol che si volesse, ne avremmo oltre il bisogno; ma continuiamo tuttora a provvedercene dallo straniero.

Pietra calcarea — Questa roccia, considerata in tutte le sue varietà, è la più abbondante e la più generale di tutte in natura. Ella appartiene principalmente ai terreni detti *secondari* e *terziario*, ma trovasi eziandio, comechè in minore estensione, fra le rocce primordiali. Egli è nel terreno primitivo che si rinvengono i bei marmi statuari, il cipollino, il verde antico e gran novero di marmi bigi, e listati in linee paralelle. A dir di Melograni la calcarea primitiva è stata veduta presso Venafro in Terra di Lavoro, e nelle vicinanze di Morano in Calabria Citra. Nelle montagne di Aspromonte ella si trova frapposta alle rocce granitiche. A Carbona infine, in provincia di Basilicata ella è stata da ultimo discoperta; si afferma non essere di qualità inferiore a quella di Carrara, e si spera fondarvi una copiosa e ricca miniera di marmo statuario.

I geologi distinguono nel terreno che chiamano *secondario* tre terreni diversi cioè: l' *intermedio* o di *transizione*, il *secondario inferiore*, ed il *secondario superiore*. In tutti si rinviene la roccia calcarea. La pietra-calce del terreno di transizione somministra le migliori calcine, il maggior numero di marmi vario-pinti, alcuni marmi bigi e de' marmi neri affatto uniformi. Nel secondario inferiore trovasi dovunque pietra da calcina; e, sebbene sia per l'ordinario men perfetta di quella del terreno di transizione, vi si rinvengono non pertanto calcaree argillose, che producono calcine idrauliche. Vi si trovano altresì alcuni marmi di colori semplici ed uniformi, come il nanchino ed il giallo antico, di colori svariati eziandio spesso rossicci, de' marmi-breccia riputatissimi ed il lumachino, caratterizzato dal conchigliame di che appare tutto composto. Questo terreno, ovunque è allo scoperto, offre diverse qualità di pietre da fabbricare, e da lastricare. Sono segnatamente ricerche le calcaree oolitiche bianche, siccome quelle che docilissime sono al lavorio, e che somministrano di belle pietre da taglio. In questo terreno si rinviene la pietra litografica, la quale è parimente calcarea. Il secondario superiore infine, offre benanco pietra da calcina, piccol numero di marmi uniformi generalmente per la tinta, ed alcuni marmi-breccia più o meno stimati.

La pietra-calce si trova in generale nel terreno detto *terziario* nello stato di *marna*, vale a dire combinata con l'argilla, e questa talora in sì tenue proporzione da potersi quella riguardare come calcarea assoluta. Alcuna fiata ella è più o meno combinata con la silice. Del resto fa duopo, di tutte le infinite varietà di calcaree appartenenti a questo terreno, fare due generalissime classi; nella prima van comprese tutte le calcaree di formazione lagustre, e nell' altra tutte quelle di formazione marina. Le calcaree compatte e silicee della prima, forniscono a dovizia ogni maniera di calcina, sia grassa, sia magra e sia idraulica, secondo che l'argilla, o la silice vi si trova combinata. Quelle poi della formazione marina sono di gran profitto all' Architettura, somministrando le più grandi pietre da taglio; le quali e con eleganza e con discreta spesa si lavorano, sendo questa calcarea meno dura delle altre. Egli è rado non pertanto che si rinvengano nel terreno terziario calcaree suscettive di polimento, ed atte alla decorazione degli edifizi. Vi si trovano bensì alcuni travertini, ovvero tufi calcarei formati dall' acqua dolce.

L'Appennino nel Regno di Napoli non consta per la più parte che di pietra-calce secondaria. Ella è questa del pari la base delle principali sue branche laterali. Le colline poco distanti dal mare, i siti bassi, tutto il territorio delle provincie di Bari e di Lecce, e forse quello di Capitanata, sono di materie terziarie. Laonde è manifesto, come niuna delle provincie del Regno possa dirsi del tutto priva di pietra-calce; ed, ove pure in taluna fosse difetto di calcarea secondaria, quivi con certezza si rinverrà la terziaria, ed in talaltra, come nelle Calabrie ed in Basilicata, la primitiva.

Grande è il novero delle varietà de' marmi che i monti del regno potrebbero somministrare, ed il chiarissimo Cavaliere Monticelli ne ha riunite in una collezione le mostre. Nè mancano

siti in dove la calcarea è di grana sì fine che darebbe l' alabastro calcareo: come per esempio sotto la fonte di Calvi, ed a Monte Gargano.

Il travertino si trova nelle vicinanze di Caserta non meno che in altri punti del regno, e lo miriamo tuttodì formarsi sotto a' nostri occhi dalle acque dolci nei Regj Lagni, nel fiume Sarno e nelle vicinanze di Pesto, comecbè non sia di quella compattezza che si osserva nell' antico.

Le Puglie, oltre la pietra calcarea dura e compatta, che nella contrada dicono *pietra viva*, racchiudono fra le loro formazioni terziarie una specie di pietra di cui comunemente si valgono per la fabbrica, e che, ora semplicemente *tufo*, ora *carparo*, ora *pietra leccese* addimandano. I componenti costitutivi della medesima sono, a dir del Conte Milano, il carbonato calcareo, la silice, l' allumina, poca magnesia e ferro ossidato. La varietà delle dosi de' componenti, e della grana, produce la differenza di durezza e di densità, e quindi la distinzione generale di carparo, di tufo e di pietra leccese, e le suddivisioni locali di *carparo bianco* e di *carparo rosso*, di *pietra gentile*, di *mazzara*, *ec.* La pietra che dicono leccese è compatta, pesante, di grana fine, untuosa al tatto, molle da ricevere perfino l'impressione delle ugne, di color bianco ed infine molto simile alla pietra di Malta e di Siracusa. Il carparo è men denso, e più leggiero; per la maggiore sua durezza si adopera nella costruzione di quelle opere in cui richiedesi maggiore solidità. Talvolta la materia di che si compone è bucherata d' infinite irregolari cellette, ed appare presso che tutta composta di frantumi di conchiglie e di avanzi marini collegati da un cemento calcareo. Il carparo esiste del pari sulle spiagge di Basilicata, e di tal pietra era costrutta la Scuola di Pitagora in Metaponto. Il tufo infine per le sue qualità serba il mezzo fra il carparo e la pietra leccese, e non va confuso con quello che si adopera in Napoli ed altrove per le private costruzioni; il quale, non calcareo ma vulcanico, si trova in tutta la regione vulcanica del regno, è di vario colore or gialliccio or bigiccio or fosco, secondo il vario grado d' ossidazione del ferro che vi si trova combinato, e si compone principalmente di avanzi di feldspato.

Pietre gessose ovvero pietre da gesso. Questa roccia si rinviene nei terreni primordiali, di transizione, e secondari. Quasi che tutte le nostre provincie, quale più quale meno ne sono provviste.

SUNTO DELLA II.ª LEZIONE

SEGUITO DE' MATERIALI

Del pietrame (moellon) — *Del mattone* — *Del* (pisé), *ossia dè muramenti formacei.*

Per *pietrame* vuolsi intendere la pietra di piccole dimensioni, che adoprasi per l' ordinario nella costruzione dell' interno delle murature.

Impiegasi eziandio talvolta all' esterno di quei muri poco importanti nel rispetto dell' architettura.

La più parte delle osservazioni fatte sulle pietre da taglio, circa la loro resistenza paragonata alla loro densità, sono applicabili alle pietre considerate come pietrame.

Il pietrame deriva il più sovente dalle pietraie donde traesi la pietra da taglio, prendendolo nei banchi di poca spessezza.

Le principali qualità del pietrame sono di esser duro, di stabile giacitura e di resistere alla gelata.

Vi ha un' altra specie di pietrame che tiene il mezzo fra la pietra da taglio ed il pietrame grezzo, cioè quello che si addimanda *pietrame scalpellato* (moellon piqué). Lo si squadra, riducesi ad uniforme altezza ed il suo paramento si taglia a puntillo. Si adopera nella costruzione de' muri, le cui fronti esigono accuratezza

Le lave, i basalti e i ciottoli, sono anche impiegati come pietrame, ne' luoghi dove le pietre calcaree scarseggiano. Cotali materie, comechè in generale sieno di forma irregolare, costituiscono non pertanto una buona muratura d' imbottitura.

Del mattone, e dè muri formacei.

Il mattone è una specie di pietra artefatta, composta d' argilla pura o mista (1).

I primi mattoni che dagli antichi si fabbricarono, furono delle masse d' argilla rozzamente foggiate, asciugate all' aria ed indurite al sole.

Il tempo e l' esperienza han dappoi insegnato a modellare il mattone; per renderlo più consistente, si mescolò all' argilla la paglia tritata; si pervenne infine a procacciargli grande durezza, con esporlo all' azione di violento fuoco.

L' uso de' mattoni crudi nelle costruzioni, risale alla più remota antichità: ci se ne rinviene nelle rovine dell' antica Babilonia; alcuni monumenti egizi, ed

---

(1) La voce *mattone* è serbata in Italia per quella pietra artifiziale composta essenzialmente di argilla, che adoprasi nella costruzione dei muri, e che per solito ha forma parallelepipedo-rettangola. Ma alla diversità poi delle forme e degli usi, corrispondono altri nomi, come: *quadri*, *quadroni*, *tegole piane*, *canali*, *condotti*, *cannelle*. ec. Tutti però codesti articoli ed altri, purchè destinati all' arte edificatoria, van compresi nella generale denominazione di *materiali laterizi*, o semplicemente di *laterizi*. T.

alcuni avanzi di piramide, fan fede, che il mattone crudo era di frequente uso in cotesti caldi climi, in dove acquistava grande durezza.

Vitruvio afferma, che i Greci ed i Romani li adopravano nella più parte de' loro edifizi, ed accenna la maniera come cotai mattoni crudi fabbricavansi.

I migliori eran composti di argilla bianca o rossa mescolata con sabbia. Il tempo più opportuno alla fabbricazione de' mattoni crudi è la primavera o l' autunno: perciocchè in qneste stagioni più equabilmente operasi il disseccamento. I mattoni fatti in està, troppo presto si asciugano all' esterno, onde la interna umidità, per isprigionarsi, dee rompere l' involucro e cagionarvi fenditure. Si costumava di non adoperare codesti mattoni prima che fossero trascorsi due anni dopo la fabbricazione.

In oggi sono poco usitati i mattoni crudi: si adoperano soltanto nelle costruzioni rurali, e dove il combustibile è scarso.

Il *pisé* (1) è una maniera di costruzione che si eseguisce con terra; questo modo è analogo alle costruzioni in mattoni crudi, ma assai più semplice ed economico.

Ella è impiegata con buon successo nei dipartimenti del Rodano, dell' Ain e dell' Isère; vi si costruiscono così le case nelle campagne, le capanne ed in generale tutti gli edifizi rurali. Cotal genere di costruzione è particolarmente opportuno ai dipartimenti meridionali: nei settentrionali riuscirebbe meno.

La fabbricazione del muro formaceo richiede terra franca ed un po' ghiaiosa: le terre vegetali in generale sono atte a tal' uopo.

La terra per siffatta muratura va passata per graticcio; ordinariamente la naturale umidità sua, fa che la si possa adoperare tal quale ella cavasi: ove sia troppo asciutta, si bagna, ma poco, e sopra tutto uniformemente, fino a che, stretta nella mano, faccia corpo (2).

I muri formacei si costruiscono per tratti, e mercè d' una forma: in questa, composta d' un telaio e di tavole, le quali ne costituiscono le pareti, si getta la terra, si stende per istrati di (o.^{m} 081) a (o.^{m} 108) 3 a 4 pollici di altezza e si batte col pestello fino a che gli strati si riducano alla metà della pristina altezza. Il telaio è lungo circa (3.^{m} 25) 10. piedi, alto (o.^{m} 98.) 3. piedi e profondo (o.^{m} 55) 20. pollici per un muro di usuale abitazione. Onde queste sono parimente le dimensioni dei singoli massi formacei che compongono il muro. Compito un pezzo, si dismette l' armadura, e si procede alla formazione del pezzo seguente, avendo cura di dare alle facce estreme, che debbono combaciare, una inclinazione di circa 60 °, affinchè si colleghino a vicenda. Cotali sbiechi delle commessure, andanti per uno stesso verso, van fatte nel senso opposto nel filare superiore, il quale incominciasi quando l' inferiore è terminato.

---

(1) Plinio, parlando di muri a questo modo costrutti, e, secondo lui, usitati del suo tempo in Africa ed in Ispagna, dice che si chiamavano *parietes formaceos* (lib. 35. Cap. 14): donde è venuta l' italiana denominazione di *muri formacei*. T.

(2) Ove la terra sia di qualità mediocre, in luogo di servirsi della semplice acqua, giova umettarla con latte di calce. Afferma il Rondelet, che operando così, ha ottenuto muri formacei più solidi di quelli costrutti con la migliore terra. T.

Gli stipiti delle porte e delle finestre, gli zoccoli e gli architravi, si fanno di pietra, o di mattoni.

Prima di ricoprir le mura formacee con l' intonico di calce, di cui si usa rivestirle per aumentarne la solidità, fa mestieri lasciar che scorra uno spazio di tempo di sei mesi almeno, affinchè si asciughino interamente.

Con questi particolari non si fa che accennare cotal modo di edificare; ma nelle opere del Cointreaux, professore di costruzioni rurali, si rinvengono tutte le particolarità necessarie al buon successo di questo economico genere di costruzione.

Mattone cotto è quello, che sotto la lunga azione di violento fuoco, ha acquistato un notabile grado di durezza.

I Romani adoprarono i mattoni cotti nella maggior parte delle loro costruzioni; i muri del Panthéon d' Agrippa sono costrutti con questa specie di mattoni.

Ve n' era di due sorte: quadrati, e triangolari.

I triangolari ponevansi in paramento, e lo spazio parallellogrammo racchiuso fra questi mattoni, due de' quali corrispondenti in paramento, costituivano la grossezza del muro, si colmava con materie cementizie.

Gli odierni nostri mattoni sono diversi dai romani, sì per la figura che per la grandezza. Essi sono rettangolari, e di lunghezza ordinariamente dupla della larghezza. L' altezza è la metà della larghezza.

I più piccoli hanno da (o.^{m} 22 a o.^{m} 24) 8. a 9. pollici di lunghezza e servono per costruire tramezzi di condotti da fumo. I grandi, destinati ad esser collocati a coltello per formar tramezzi di camere, o volte leggiere, hanno da (o.^{m} 30 a o.^{m} 35) 11. a 13. pollici di lunghezza e (o.^{m} 04 a o.^{m} 05) 18. a 22. linee di grossezza (1).

I mattoni cotti, si fanno, siccome i crudi, con argilla più o meno mista alla sabbia. S' impasta accuratamente la miscela, sì che se ne formi una pasta duttile, e si modellano i mattoni entro forme. Ottenuta all' ombra di tettoje la compiuta esiccazione loro, ovvero all' aere aperto, garentendoli dalla sferza del sole mediante stuoje, si dà loro in una fornace all' uopo predisposta il necessario grado di cottura.

La natura offre quasi per ogniddove argilla atta alla fabbricazione de' laterizi, ma, laddove non abbia la duttilità e la tenacità necessarie a siffatta fabbricazione, l' arte vi provvede, riducendola al conveniente grado di duttilità mercè di addizioni e miscele or di sabbia, or di argilla pura.

L' esperienza ed i ripetuti saggi stabiliscono le quantità e le proporzioni di cotali miscele.

Ad agevolare la preparazione della terra, ed a renderla atta alla fabbricazione de' laterizi, fa duopo cavare l' argilla nel mese di novembre, lasciarla esposta

---

(1) In Napoli le dimensioni usuali pei mattoni piccoli sono: larg. 4. once di palmo, lung. 8. once, gros. un' oncia e mezza; e per i grandi larg. 5. once e mezza, lung. 11. once, gross. oncia una e tre quarti. I quadri che si adoprano per gl' interni solai sono del pari grandi, o piccoli. I primi diconsi volgarmente *quadroni* ed hanno un palmo o più di lato, i secondi *rigiole* ed hanno 9. once di lato. T.

all' aere tutto l' inverno, e non adoprarla prima della seguente primavera. Le gelate e le pioggie dell' inverno, dispongono le terre ad essere facilmente manipolate. È principalmente necessario di purgarle di tutte le sostanze lapidee, o piritose, che spesso vi si trovano mescolate; perciocchè le medesime servono talvolta di fondente all' argilla, e producono cangiamenti di forma nei laterizi, mentre sono sotto l' azione del fuoco.

Ove le terre sieno più volte e con diligenza rimenate, singolarmente si accresce la densità, e quindi la bontà dei laterizi. La differenza di densità fra due mattoni crudi, l' uno impastato con cura, e l' altro preparato nel modo ordinario, è nel rapporto di 86. a 82.

Codesti due mattoni, ugualmente asciugati all' aria ed in pari circostanze, ed avendo sperimentato un egual grado di fuoco, il primo pesava 4. once più del mattone usuale, ed avean perduto nella cottura ciascuno 5. once del rispettivo peso.

Posto in bilico sul taglio d' un ferro, e soggettato all' azione d' una forza che esercitavasi sopra ciascuna delle estremità, il mattone fatto con terra bene impastata non si è spezzato che sotto la carcia di (31,chil. 8) 65 libre; mentre il mattone usuale non ha sostenuto che (17,chil. 1) 35 libre. Lo che equivale a (63,chil. 6) 130 libre per lo primo, ed a (34,chil. 2) 70 libre pel secondo mattone, supponendoli gravati nel mezzo.

La resistenza dunque de' mattoni è relativa alla densità loro. Questo risultamento è analogo a quello da noi notato sulla resistenza rispettiva delle pietre di medesima specie.

Quanto a codesta resistenza de' mattoni, a due forze tendenti a spezzarli nel mezzo, dessa non è soltanto dovuta alla diligenza posta nella fabbricazione, ma benanco alla qualità della terra; infatti i mattoni di Maubeuge, manipolati con cura, ma secondo l' uso del paese, messi alla stessa pruova, han resistito, prima di rompersi, ad una forza assai maggiore delle precitate: dessi han sopportato (215,chil. 4) 440 libre nel mezzo; quanto dire più del triplo della pressione che aveva fatto rompere il mattone formato con terra di qualità inferiore a quella di Maubeuge, ma impastata con una particolare diligenza.

Si può megliorare la qualità dei mattoni, e dar loro una maggiore densità, comprimendo il mattone crudo sotto uno strettoio. Questo modo dovuto al Gallon, autore di più memorie sulla fabbricazione dei mattoni, è in uso nella fabbrica di laterizi di Chaumont, ad imitazione di quello che praticasi in Inghilterra, dove si sottopone allo strettoio una sorta di faenza leggiera sì, ma molto solida.

La quantità d' acqua necessaria per diluire la terra, dipende dalla specie di argilla che s'impiega. La sola esperienza può determinarla; in generale non dee oltrepassare un mezzo piede cubico per un piede cubico d'argilla.

La cura che si pone nel cuocimento de' laterizi, concorre eziandio alla bontà di questa sorta di materiali.

Siffatta operazione ha luogo con diverse specie di combustibili: legna, carbon fossile, e torba. Ciascuna specie di combustibile esige una fornace diversa.

Le fornaci da mattoni che riscaldansi con legna, sono di due maniere: o grandi, o piccole. In amendue, i mattoni ed il combustibile si dispongono ugual-

4

mente ; la sola differenza è nel numero di mattoni che possono capire. La capacità delle grandi è per 100. migliaia, e per 25. migliaia quella delle piccole.

In alcuni dipartimenti settentrionali, in luogo di costruire fornaci stabili in muratura di laterizi, si è pago di costruirle con mattoni crudi, non esclusa la volta, nel luogo medesimo ove si ripone il combustibile. Siffatta economica maniera è usitata anche in Isvezia.

Quale che siasi la costruzione delle fornaci, i mattoni dispongonsi a coltello sul loro lato più lungo, per modo che il primo ordine incroci, co' muretti del focolare, il secondo col primo, e così di seguito, lasciando sempre alquanto di spazio fra i mattoni. L' ultimo ordine ricopresi con uno strato di argilla di (0^m, 11) 4 pollici di altezza, onde il calorico si concentri e lo si possa modificare a piacimento, con praticare in quello de' pertugi.

Si vuole esperienza nel regolare il fuoco. Incominciasi con un fuoco moderato, che dura circa 24 ore; si accresce dappoi, e si mantiene a questo grado 36 ore. Dopo le prime 60 ore si accresce il fuoco infino a che acquisti la massima intensità, la quale si fa continuare uniformemente più che puossi sino al compiuto cuocimento dei mattoni. Si lascia raffreddare l' infornata, la qual cosa richiede cinque o sei settimane, ed indi si possono cavare i mattoni della fornace.

Quando si adopera il carbon fossile il cuocimento de' mattoni ha luogo all'aria aperta ; la costruzione del focone ed il soprapponimento de' mattoni crudi si fanno simultaneamente. Si dispone da prima sulla piattaforma del focolare uno strato di carbon fossile, e ricopresi con tre o quattro ordini di mattoni, indi uno strato di carbone, e così di seguito con lo stesso metodo infino all' altezza di ($6,^m 50$) 20 piedi.

In Olanda i laterizi cuoconsi con la torba. Le fornaci sono stabilite sotto ampie tettoje, e si costruiscono alla guisa di quelle del Belgio. Il combustibile si pone dentro il focolare, il quale occupa tutta la base della fornace.

Qualunque siasi la specie di fornace e di combustibile che si adopera per cuocere i laterizi, l' intera catasta d' una infornata non prova in tutte le sue parti un grado uniforme di fuoco ; quindi si ottengono necessariamente diverse qualità di mattoni, le quali adopransi per le varie costruzioni cui, a seconda della loro durezza, sono più o meno adatti.

Si riconosce la bontà del mattone quando percosso, rende un suono chiaro, quando fine e compatta è la grana della sezione, e quando infine resiste alla gelata ed alla intemperie delle stagioni senza alterarsi.

I migliori laterizi usitati in Parigi vengono di Borgogna : rosso fosco n' è in generale il colore, e ce ne ha di un rosso gialliccio. Queste due specie resistono al fuoco.

I laterizi, ove sieno scelti con cura, sono di ottimo uso nella più parte delle costruzioni. Si surrogano con profitto al pietrame, e suppliscono al difetto di pietra da taglio dov' è scarsa. Adopransi nella costruzione di volte leggiere, e sono necessari in alcune specie di opere : come per condotti e per muretti di cammini, per le fornaci, pei focolari e pei fornelli, che debbono sopportare un calore molto intenso.

Il maggior numero delle chiuse e delle opere idrauliche di Olanda, sono per gran parte costrutte in muratura di laterizi. Questo genere di muratura riesce ottimamente nell' acqua, e, laddove queste costruzioni si eseguiscano con le diligenze e le precauzioni che vi si usano in Olanda, nulla lasciano a desiderare, sia dal lato della solidità, sia da quello d' una vaga disposizione.

Chiuderanno quest' articolo de' laterizi alcune nozioni sopra una specie di mattoni detti *mattoni galleggianti*, i quali per la loro leggerezza hanno realmente la proprietà di galleggiare nell' acqua.

E' pare che gli antichi abbiano conosciuta questa specie di laterizi. Nel medio evo se ne fabbricavano, e pretendesi che abbian servito alla costruzione della cupola del duomo di Santa Sofia a Costantinopoli; ma non sono usitati in Francia, perocchè rada, o poco nota, vi è la materia con la quale si costruiscono.

Il celebre naturalista Fabroni, direttore del museo di Firenze, si è provato a fabbricare de' mattoni leggieri con una sostanza minerale nota sotto il nome di *agarico minerale*, o di *farina fossile*. Questa specie di terra abbonda in Toscana, e 100 delle sue parti si compongono di

Silice.	55
Magnesia.	15
Allumina	12
Calce.	3
Ferro	1
Acqua	14
	100

Questa sostanza, allorchè si bagna, produce un lieve fumo bianchiccio; non fa effervescenza con gli acidi; al più intenso calore non si fonde, e vi perde $\frac{1}{8}$ del suo peso, senza che se ne scemi visibilmente il volume.

I laterizi fabbricati dal Fabroni con tale materia sono specificamente più leggieri dell' acqua, fan buona lega con le varie malte, e punto non si alterano al freddo ed al calore, benchè massimi.

Codesta terrea sostanza è friabile; ad agevolarne la manipolazione ed a renderle la necessaria duttilità, l' ha il Fabroni mescolata con circa $\frac{1}{3}$ di argilla. L' addizione d' una materia più pesante dell' acqua, vuol esser tale che non tolga a questi laterizi la proprietà di galleggiare in quel fluido.

Uno di cotai mattoni lungo ($0,^{m}19$) $7^{pol.}$, largo ($0,^{m}12$) $4^{pol.}\frac{1}{2}$ e profondo ($0,^{m}045$) $1^{pol.}$ 8, non pesava più che ($0^{ch.}$, 13) 4 once $\frac{1}{4}$. L' usual mattone di Toscana delle stesse dimensioni pesa ($2^{ch.}$, 53) 5 libre ed once $6\frac{3}{4}$.

La grande leggerezza, e la proprietà di non fondersi alla più alta temperatura, rendono questi laterizi pregevolissimi per la costruzione de' fornelli a riverbero,

Essi sono si imperfetti conduttori del calorico, che si può tenerli per un estremo fra le dita mentre l'altro rosseggia del colore. — Si può farne articoli pirimetrici atti agli usi ordinari, e meno costosi eziandio di quelli di Wedgewood.

Siffatta specie di laterizi potrebbe impiegarsi con molto profitto nella costruzione delle cucine sopra le navi. Si potrebbe anche co' medesimi costruire i magazzini da olio, da sevo, da catrame o d'altre combustibili materie negli arsenali di marina.

Il fu Faujas amministratore e professore del Museo reale di Storia naturale, rinvenne nell' Ardèche una sostanza consimile a quella con cui il Fabroni fabbricò i suoi mattoni galleggianti, ne fece varj saggi e n'ebbe risultamenti uguali a quei di Toscana.

Volendo far constare con autentico e decisivo sperimento la loro grande utilità pei muramenti sui bastimenti, fece il Faujas costruire con mattoni di sua fabbricazione una camera a volta in una vecchia nave; la riempì di polvere da guerra, e, circondatala e ricovertala di materie combustibili, mise fuoco al naviglio. — Arse in tutta la parte non immersa, affondò, ma le polveri, preservate dalla muratura di codesti laterizi, non iscoppiarono.

È desiderabile che si renda proficua alla nostra marina una cotanto pregevole scoperta.

GIUNTE ALLA SECONDA LEZIONE

I.ª Cavati i mattoni dalla fornace, fattili raffreddare e tenutili dappoi immersi nell'acqua, se nuovamente si cuocessero, si avrebbero de' mattoni *biscotti*, che assorbiscono meno l'acqua e che meglio reggono alle intemperie. Quei laterizi, che per aver sentito troppo vivamente l'azione del fuoco sono semivetrificati, diconsi *arcicotti*. Essi riconosconsi al colore bigio ferreo, alla frattura vitrea: non s'appicciano alla lingua, ed è tale la loro durezza che giungono a raschiare il vetro.

La gravità specifica de' mattoni varia secondo le diverse qualità delle terre di cui sono formati, la più o meno accurata preparazione delle stesse, il maggiore o minore costipamento a cui è stata ridotta la pasta nelle forme, e secondo il grado di cottura finalmente. Quindi per la sicurezza de' calcoli statici é necessario che l'architetto abbia certa contezza, ovvero che si assicuri mercè di accurate esplorazioni del vero peso specifico del materiale laterizio di cui si vuol fare uso nelle costruzioni.

Leggesi nel bullettino delle scienze tecnologiche a T. VII. pag. 358 che a Tolone, già da sette anni a questa parte si è introdotto l'uso de' mattoni vuoti, alla confezione de' quali si adopera una macchina molto ingegnosa. Questi mattoni hanno il vano interno diviso da un tramezzo o diafragma che serve a consolidarli. Se ne apparecchiano di due specie cioè: i *semplici*, i quali hanno m. 0,28 di lunghezza, m. 0,14 di larghezza ed altrettanto di altezza, ed i *doppi* i quali sono in lunghezza ed in larghezza uguali ai semplici, ed hanno m. 0,22 d'altezza. Si preparano anche de' mattoni cuneiformi per la costruzione delle volte. Questi laterizi vacui riescono solidissimi, e, oltre che sono utili in molte occorrenze in grazia della leggerezza, divengono anche economici, atteso che esigono minor quantità di combustibile de' mattoni ordinari nella cottura, e richiedono minor quantità di malta nella costruzione de' muri.

Quanto alla resistenza de' mattoni allo schiacciamento, secondo le sperienze del Ganthey la massima ha il valore di 173 chilog. per ogni centimetro quadrato della base premuta, di 149 la media, e di 134 la minima. Ma secondo quelle di Rennie sui mattoni inglesi la massima è di 122., la media di 72, 5 e la minima di 40 chilog. per ogni centimetro quadrato della base. Finchè non consti per mezzo di particolari sperienze il valore della resistenza allo schiacciamento de' mattoni nostrali, ovvero, parlando in generale, di quelli che qua e là si offrono pei bisogni delle costruzioni; sarà conforme alla prudenza di non valutare la resistenza stessa, nelle statiche ricerche, più di chilog. 40 per centimetro quadrato, vale a dire del minimo fra i più bassi risultati delle sperienze di Gauthey, e di Rennie. E quando si tratti d'un esercizio di lunga durata, il prefato valore dovrà poi esser ridotto alla metà, come già si disse per le pietre naturali (Cavalieri vol. 2. pag. 29 e seg.)

IIª. Si possono fare mattoni crudi di calce e di gesso, i quali tornerebbero di giovamento in que' siti in dove fosse difficile l'aver mattoni cotti, e nei casi in cui richiedesi leggerezza nelle costruzioni, come ne' muri di separazione de' condotti da fumo.

La fabbricazione de' primi è stata immaginata e proposta dal de la Faye. Volendo fare buoni mattoni di calce, convien procurarsi la migliore possibile, e, dopo averla spenta ed averla resa di tal consistenza che la si possa tagliare senza che coli, vi si frammischia buona sabbia fine fossile, o piuttosto polvere di pietre tenere, e si rimescola la miscela infino a che non acquisti consistenza un po' maggiore. Di così fatta pasta si riempiono gli stampi di legno a tal' uopo preparati; e quivi entro la si comprime con pestoni, onde acquisti maggior densità, avendo cura di aspergere d'arena la superficie battuta, la quale assorbendo l'acqua ch'esce dalla calce, costituirà una crosta di singolar durezza — Fattili dappoi prosciugare sotto tettoie, in men di due anni diventeranno duri quasi quanto le pietre tenere; e più lo diverranno col tempo, giusta gli sperimenti sui medesimi praticati.

E' son trent'anni circa che si pensò di fabbricare quadrelli di gesso per tramezzi interni, i quai non s'adoprano se non sieno prima bene asciutti, affin di schivare gli spiacevoli effetti risultanti dall'evaporazione dell'umido da' gessi freschi. Siffatti quadrelli sono lunghi un

piede e mezzo (o.m 49.), larghi un piede (o.m 325) e profondi pollici due e mezzo (o.m 068). Si collocano a coltello, e le facce formanti la grossezza sono incavate, onde ricevere il gesso che serve a legargli. (Rondelet lib. 1. sez. 1. cap. 2. art. 1.)

III.ª I *prismi* o *cantoni* di cui fa menzione il Cavalieri, sono benanche pietre artefatte di cui si fa uso come pietre da taglio per le cantonate degl' edifizi in Alessandria della paglia, e di cui si è anco valuto il Cocconcelli in occasione de' due ponti edificati uno sulla Trebbia l'altro sul Taro. Il metodo che si serba per la loro fabbricazione, consiste nello estinguere al modo ordinario un'eccellente calcina idraulica, e, lasciatala in riposo cinque o sei giorni, si unisce e s'impasta con una mistura naturale d' arena, e di ghiaia minuta e grossa, di natura eminentemente silicea, e contenente qualche particella calcarea. Incorporate bene le materie a forza di rimenarle accuratamente, si scavano delle fosse triangolari di cui si bagnano le sponde e si lisciano con una cucchiaia, e quindi vi si getta dentro lo smalto inserendovi delle scaglie di pietra, tutte presso a poco di ugual grossezza. Formati in tal modo i prismi si coprono con uno strato di terra alto circa m. o, 3 e si lasciano così sepolti per tre anni, passati i quali si disotterrano per metterli in opera. Forse non è rigorosamente necessario un triennio, ma in generale un anno almeno è duopo che passi pel consolidamento de' prismi di smalto (Cavalieri vol. 2. pag. 58 e 59.)

SUNTO DELLA III.ª LEZIONE.

Della calcina — Opinione de' moderni intorno a questa sostanza. Nuove sperienze fatte alla scuola delle miniere a Moustier.

DELLA CALCINA.

La calcina, la quale è da riputarsi l'anima della muratura, ottiensi mercè la calcinazione delle pietre calcaree.

La calce dei vulcani è una calcina naturale; ma, perchè in poca quantità, non serve usualmente alla formazione delle malte.

La pietra donde ricavasi la calcina, è un carbonato più o meno puro. E' presentasi di frequente al naturalista sotto le denominazioni di conchiglia, di terre conchiglifere, di pietra da edificare, di *craie* (1) di alabastro, di marmo e di stalattite. La primitiva forma di questa sostanza, allorchè è pura, è la romboidale. La si dissolve un poco nell'acqua saturata d'acido carbonico, è inalterabile all'aere, infondibile al fuoco; ed infine, quando è trasparente e cristallizzata, si compone di

Calcio	64
Acido carbonico	33
Acqua	03
	100

Sono questi carbonati sovente combinati con allumina, magnesia, silice e con ferro e manganese ossidati; con gesso da ultimo, ovvero calcio solfato.

Quelle fra cotali sostanze estranee al calcio carbonato, che maggiormente alterano la qualità della calcina che se ne trae, sono l'allumina e la magnesia,

La combinazione della silice nella pietra da calcina, la rende più atta a comporre la malta; il ferro, e segnatamente il manganese ossidati, rendonla ciò che nell'arte dicesi *calcina magra*. Questa sorta di calcina comunica alla malta la proprietà di prontamente assodarsi nell'acqua.

La naturale combinazione di codesti ossidi con la pietra da calcina, produce una malta molto più dura della miscela che l'arte può fare per conseguire un risultamento consimile.

Operasi la calcinazione della pietra da calcina in una fornace aperta, o chiusa, sia ponendo sotto il combustibile, sia alternandolo per istrati con la pietra Queste disposizioni han rapporto alla specie di combustibile che s' impiega, il quale può essere, o legname, o carbon fossile.

La calcinazione ha per fine l'evaporazione dell'acqua e dell'acido carbonico combinati con la pietra. L'acqua svapora in prima, insieme ad una porzione

(1) *Crais*: Calcio carbonato grafico. T.

di acido carbonico; ma gli ultimi avanzi di acido carbonico, non possono evaporarsi, senza il sussidio d' una nuova quantità di acqua.

La calcina viva attrae avidamente l' umidità dell' aere, ed aumenta di volume impregnandosene; ha la proprietà di tenacemente attaccarsi alle sabbie, al *cocciopisto* (ciment) (1) e ad altre sostanze che s' impiegano per formare le malte. La miscela fassi mediante l' acqua.

È stato notato, che fra queste diverse misture, la calcina fa miglior lega con la silice che con l' allumina.

Quando si stempera la calcina viva con l' acqua, questa si unisce con quella, vi si combina e passa allo stato solido. A questo fenomeno si deve il calorico che in cotale operazione si sviluppa. I chimici moderni, a siffatta mutazione di stato dell' acqua, ascrivono la durezza delle malte.

La calcina migliore si ricava dalle pietre calcaree più dure. Non tutte le pietre dure tuttavolta, producono la stessa specie di calcina. Dalla maggior parte ottiensi la calcina detta *grassa*. Ella ripete cotal nome dalla sua proprietà di crescere molto di volume, e di formare a parti uguali di calcina e di sabbia, una malta più grassa di quella composta con la calcina *magra*. La specie di pietra che produce la calcina *magra* è più rada di quella che produce la *grassa*: l' ultima è quella che per lo più si rinviene nelle cave che si esplorano per la fabbricazione della calcina.

I chimici, e Bergamann pel primo, sonosi affaticati ad indagare, mercè di analisi, le cagioni della proprietà che la calcina magra possiede di formar con la pozzolana e col *ciment*, una malta che in pochissimo di tempo acquista grande durezza nell' acqua.

Bergmann con l' analisi della pietra di Lèna in Isvezia, la quale produce quella specie di calcina, ha mostrato che vi si contiene del manganese ed un po' d' argilla. Egli ne ha conchiuso che la durezza delle malte composte con siffatta sorta di calcina, è dovuta alla natural combinazione delle prefate sostanze, le quali, presso a poco nel seguente rapporto, costituiscono la pietra calcarea di Lèna.

Calce.	90
Manganese	6
Argilla	4
	100

Gli sperimenti dello Svedese chimico sono stati ripetuti dal fu Guyton de Morveau, il quale vi ha aggiunte delle nuove ricerche sulle pietre che somministrano la calcina magra. Il suo lavoro sopra quest' obbietto, di singolare importanza per l'arte edificatoria, trovasi inserito negli Annali di Chimica, e leggesi in una commendevolissima memoria sulle malte, stampata nell'anno IX. Emerge dall' analisi del celebre chimico francese, aver egli ravvisato in tutte le pietre

(1) Chiamano *ciment* i francesi la tegola ed il mattone cotto, ovvero i cocci e i rottami degli stessi, o di stoviglie, sia d' argilla sia di faenza, pesti e ridotti in polvere. T.

produttive di calcina magra, la presenza del manganese ossidato; ed ha egli additato il modo onde ottenere una calcina magra artificiale dotata presso a poco delle medesime proprietà, in que' siti dove manchino le pietre calcaree da calcina *magra*.

Il processo si riduce a mescolare 90 parti di pietre da calcina usuale polverizzata, 4 parti d' argilla, e 6 parti d' ossido nero di manganese. Calcinasi la miscela, e se ne ottiene un' ottima calcina magra artefatta.

Si può avere una calcina magra artifiziale a minori spese di quella avuta con l' addizione del manganese ossidato. Guyton de Morveau, cui tanti obblighi professano, e le arti, e le scienze, per le continuate sue ricerche, e per le sue utili scoperte, ha trovato che all'ossido poteva surrogarsi una sostanza assai comune, cioè la miniera bianca di ferro, ch' è un calcio carbonato manganesiato.

La pietra da *calcina magra* ritrovasi in Francia in molti dipartimenti: quella dei dintorni di Metz dà eccellente calcina, la quale gode da gran tempo di una meritata celebrità. Per se sola, non mescolata a veruna delle sostanze di cui compongonsi per solito le malte, acquista tal durezza, che ad infrangerla fan di mestieri gli strumenti di ferro. Nel corso di questa scuola dell' anno 5 si fece un' esatta analisi di siffatta pietra; in cento parti si trovarono:

Acido carbonico	39
Calcio	44,50
Silice	5,25
Allumina	1,25
Manganese	3,50
Ferro ossidato.	3,20
Acqua	2,25
Perdita	1,05
	100

La pietra da cui si fa la calcina di Senonches (dipartimento di Eure-et-Loir), molto usitata in Parigi pei bacini, ed in generale per le idrauliche costruzioni, fu analizzata dal fu Descotils ingegnere in capo delle miniere. Ei conchiuse dalla sua analisi, che l' eminente proprietà di questa calcina di assodarsi nell' acqua, debbesi ad una grande quantità di silice, in tenuissime molecole disseminata nella sostanza calcarea di che la pietra è formata: essa ne contiene circa 1/4 del proprio volume; ma intanto dalla precitata analisi della pietra di Metz, la quale è superiore a quella di Senonches, appare non contenersene in quella, se non 5. 25. parti fra 100 (1).

(1) Tali erano i risultamenti delle cognizioni intorno la calce, allorchè questo corso di costruzione fu pubblicato; ma apparve dappoi nel 1818 un' opera sulle calcine adoprate nelle costruzioni, sui bitumi e sulle malte consuete, nella quale l' autore (il Vicat Ingegnere del corpo di Ponti e Strade) a tenore de' più rigorosi chimici insegnamenti, e mercè l' opera propria in molte e molte sperienze, rinvenne il modo di convertire in calcina magra, da lui nomata *calcina idraulica*, tutte la specie di sostanze calcaree di qualsivoglia natura.

Si riconosce nella pratica che la calcinazione della pietra calcarea è compiuta, allorquando s' innalza sulla fornace un cono di fiamma viva e senza fumo; quando esaminando le pietre se ne scorge mutato il colore in una tinta bianchiccia; quando han perduto circa la metà del loro peso. Ma quest' indizi della pratica, dal primo in fuori il quale si stabilisce per principio, sono manifestamente relativi alla qualità delle pietre esposte alla calcinazione.

Dalle ricerche fatte per determinare la forma più vantaggiosa d'una fornace, onde si ottenga la calcinazione nel minor tempo possibile e con la minima quantità di combustibile, si è ricavato che una fornace, la cui base sul piano orizzontale è un cerchio, e la sezione verticale un'ellisse, riunisce i maggiori vantaggi ne' due rispetti della sollecita calcinazione e del menomo consumo di combustibile. La disamina e la discussione di tal quistione sono registrate nel volume XI del giornale delle miniere a pag. 105.

La calcina che adoprasi in Parigi, non è in generale di ottima qualità per le costruzioni in acqua; è bastevolmente buona per le murature usuali: la megliore viene da Champigny ed è generalmente della specie detta *calcina grassa*.

Il processo col quale l'autore di quest' opera converte in calcina idraulica ogni sorta di pietra calcarea, è una vera sintesi; la quale mediante il fuoco intimamente riunisce i principi essenziali, che l'analisi separa nelle calcine idrauliche naturali.

Importantissima essendo questa scoperta per lo incremento dell' arte edificatoria, ci facciamo ad accennare, a vantaggio della medesima, i principali mezzi dall' autore indicati.

Il processo consiste nello estinguere dentro un locale coperto la calcina usuale che vuolsi modificare. La s' impasta quindi, con l'aiuto d' un poco d' acqua, con dell' argilla bigia o bruna, ovvero semplicemente con della terra da laterizi. Con pasta siffatta si fanno delle palle, che si lascian prosciugare per indi cuocerle al giusto punto; e da tal mistura si ottiene una calcina di natura affatto diversa di quella della calcina ordinaria.

Siccome si è padrone delle proporzioni della miscela, si può comunicare a codesta calcina fattizia il grado d' energia che si vuole; per modo che si possono uguagliare, ed anche superare le migliori calcine idrauliche naturali.

Le calcine grasse, dall' autore chiamate *calcine comuni*, possono comportare o, 20 per cento di argilla. Per le calcine medie, quelle cioè che sono fra le grasse e le magre, si può mettere dal o, 15 sino al o, 06 d' argilla. Laddove si aumenti la dose fino a o, 40, la calce punto non lievita, si polverizza facilmente e, stemperata, forma una pasta che immersa nell' acqua, tostamente si assoda.

L' autore ha fatto l' importante osservazione che, ove l' argilla cuocasi a parte, e si aggiunga alla calcina comune nelle sopraccennate proporzioni, non si conseguiscono i risultamenti avuti dalla miscela fatta prima della cottura; il perchè si conchiuse dall' autore essere appunto per l' azione del fuoco, esercitantesi ad un tempo sopra amendue le sostanze, che si vengono i principi costituenti la miscela l' un l' altro a modificare.

Il computo della spesa di un metro cubico di calcina idraulica fattizia, fabbricata sotto gli occhi dell' autore a Souillac, dipartimanto del Lot, giusta il processo e le miscele accennate, fu di 35 franchi.

Nell' opera stessa del Vicat, alla quale e l'Accademia delle Scienze e il Consiglio di Ponti e Strade han fatto plauso, vuolsi studiare questa novella dottrina sulla fabbricazione delle calcine idrauliche, ed apprezzarvi le osservazioni, cui han dato luogo le numerose sperienze fatte dall' autore in sostegno della sua teorica.

Il Vicat, avendo per 14 anni continui studiate successivamente tutte le principali calcine francesi, è venuto a farne la seguente classificazione, cioè; di *calcine grasse*, di *calcine idrauliche* e di *calcine magre*. Quelle della seconda specie ha poi suddivise: in *calcine mediocremente idrauliche*, *calcine idrauliche*, e *calcine eminentemente idrauliche*. I caratteri distintivi delle tre classi generali sono: che le *grasse* possono nell'estinzione aumentare di volume fino al doppio; che le *idrauliche* fanno presa nell'acqua; e le *magre* non hanno, nè l'una, nè l'altra di tai proprietà. Secondo che poi nelle *idrauliche* quella loro facoltà di assodarsi nell'acqua è più o meno energica, prendon nome di *eminentemente idrauliche*, d'*idrauliche* e di *mezzanamente idrauliche*.

La pietra calcarea, soggettata ad analisi chimica, oltre del carbonato calcareo come base essenziale, somministra silice, allumina, magnesia, ferro e manganese ossidato, come sostanze estranee; e queste vi si possono trovare, o ad una ad nna, o a due a due, o a tre a tre..... o finalmente tutte insieme riunite, ma in proporzioni variabili fra loro rispettivamente. La diversa quantità poi della dose totale di queste sostanze estranee, in diverse pietre calcaree, produce le differenti specie di calcine testè mentovate.

Le calcaree bituminose o fetide, e quelle in cui la dose riunita di quelle estranee sostanze non oltrepassa il o, o6, producono *calcine grasse*.

Quelle in cui la silice è in istato di sabbia, in cui manca l'allumina e nelle quali le sostanze estranee compongono una dose che si mantiene fra o, 15 e o, 3o producono *calcine magre*.

Quelle in cui non mancan mai la silice e l'allumina, sono produttive di calcine *mediocremente idrauliche*, se la dose totale delle anzidette estranee sostanze si limita fra o, o8, e o, 12.; di *calcine idrauliche*, s'ella si mantiene fra o, 15 e o,18 e la silice vi domini; finalmente di *calcine eminentemente idrauliche* s'ella è fra o, 20, e o, 24, predominandovi sempre la silice, fino a poter costituire essa sola più della metà della dose riunita.

È impossibile affermare, nello stato presente delle cognizioni, se vi sieno tali proporzioni di sola silice, o di silice e magnesia, o di silice ed allumina, che, intimamente combinate con la stessa quantità di carbonato calcareo, possano produrre calcine di uguale energia. Ben però si puote con certezza asserire, anzi giova ritenere, che non si dà calcina perfettamente idraulica senza silice, e che ogni calcina, cui possa convenire l'epiteto d'idraulica, contiene la silice e l'allumina in quelle stesse proporzioni con le quali queste costituiscono le argille ordinarie.

Sarà ormai cosa agevole il riconoscere in brev'ora nna pietra da calcina grassa, dissolvendone tre o quattro dramme in dell'acido nitrico o muriatico allungato. Se non resta alcun residuo insolubile, o se questo è tenuissimo, è inutile spingere più oltre lo sperimento: ella è sicuramente pietra da calcina grassa. In caso contrario fa mestieri, perchè la si possa classificare, calcinarla, spegnerla ed immergerla, con le necessarie cure onde tali operazioni riescano perfettamente: il tempo che impiegherà la calcina a consolidarsi, ed il grado di durezza cui perverrà, ove sieno esattamente calcolati, basteran sempre ad assegnarle il competente luogo di graduazione.

Nella nota a pag. 33 l'autore ha esposto il processo con cui il Vicat compone la *calcina idraulica* artifiziale, avvalendosi delle calcine comuni, e però noi ci rimarremo dal farne parola. Ma non è assolutamente necessario mescolare all'argille la calcina comune: delle sostanze calcaree molto tenere, come p. e. la *craie*, o i tufi facili a macinarsi e ad impastarsi nell'acqua, possono far le veci di questa. Ridotta, così l'argilla come la craie, o il tufo, in pezzi della grossezza d'nn pugno, e, poste sotto la stessa mola una parte della prima e quattro della seconda, si polverizzano. La perfezione della calcina dipende dalla perfezione della miscela la quale è operata dall'acqua; giova quindi che questa possa, mercè di opportuno meccanismo giugnere sotto la mola, mentre quelle sostanze si moliscono, onde compierne la mistura, e

con esso lei trascinarle in apposita fossa. Fatta poi colare l'acqua chiara, e divisa la pasta rimasa nel fondo in solidi di regolare figura mediante stampi, si fa prosciugare ed indurire, ed infine se le dà il necessario grado di cottura al modo consueto. La polvere ottenuta dalla molitura non è mai così fina quanto quella della calcina spenta, ond'è che la miscela de'principii, non essendo ugualmente intima e perfetta, la calcina che si ha col secondo metodo è forse inferiore di quella si ha col primo. Ciò non pertanto quello è il metodo che in Francia generalmente si antepone per ragion di economia, e vuolsi pur dire che quel modo di fabbricazione siasi molto perfezionato, perciocchè le calcine idrauliche artefatte, che comunemente in Francia si adoprano, nulla lasciano desiderare. *(Vicat=Résumé des connaissances ec.)*

SUNTO DELLA IV.ª LEZIONE.

Delle sostanze che si uniscono alla calcina per la formazione delle malte. Della Sabbia, del Ciment, della Pozzolana, del Basalto, della Pietra pomice, degli Scisti, del Trass e della cenerata di Tournay.

Della sabbia

I naturalisti han distinto le arene dipendentemente dalle loro parti costitutive: ve ne ha delle silicee, delle calcaree, delle argillose; distinguono eziandio le arene metalliche.

Nell' arte di fabbricare, le sabbie van riguardate sotto due altri rispetti indipendenti dalle loro parti costitutive, e relativi alla grandezza delle particelle di cui sono formate, e al luogo donde si cavano.

Così: si addimandano (gravier) *ghiaiuola* le arene grosse composte di parti scabre angolari ed irregolari; *arena* quelle le cui parti sono più tenui e più regolari; (Sable ou Sablon) *Sabbie* quelle le cui parti sono della maggiore tenuità. Si distinguono altresì in *arene fossili*, in *fluviatili* ed in *marittime*.

Vitruvio, ed appresso di lui gl' italiani autori che hanno scritto sulle costruzioni, stabiliscono che l'arena fossile, unita colla calcina, produca la malta migliore: i moderni fra i quali vedesi Bélidor avvisano doversi anteporre la fluviatile. Questa ultima è l' opinione generalmente invalsa: essa è, ciò non pertanto, in contraddizione con le sperienze ultimamente fatte dal Rondelet.

Questo abile architetto autore dell' opera intitolata *l'arte di fabbricare*, di cui non saprebbesi abbastanza lodare lo zelo, nelle ricerche che hanno per iscopo il perfezionamento dell' arte edificatoria, ha fatto degli sperimenti per far cessare codesta discordanza di pareri sulla migliore qualità di arena, e per determinare a quale si debba la preferenza.

Risulta dalle sue sperienze:

1.° Che le *arene silicee* pure, mescolate con la medesima specie di calcina a dosi uguali, formano, al paragone delle arene meno pure, una malta meno dura, e molto tarda ad asciugarsi.

2.° Che le *arene fossili*, rispetto alle *fluviatili*, producono malta migliore, più dura e più sollecita ad asciugarsi.

3.° Che fra le diverse sorte d' arene, quelle di colore più scuro, producono in generale le migliori malte.

4.° Un' *arena fossile* novellamente cavata, e subito impiegata senz' altra preparazione, ha prodotto, rispetto alla stessa arena ma lavata ed asciugata al sole, una malta migliore.

5.° La malta formata con *sabbia*, ovvero arena finissima, non acquista durezza uguale a quella composta con arena le cui molecule sieno di mediocre grossezza.

6.° La grès pesta produce malta di cattiva qualità.

7.° Con polvere di pietra calcarea dura, si ha malta meno buona di quella fatta con polvere di pietra tenera.

8.° Una miscela di calcina con polvere della stessa pietra che l'ha prodotta, non somministra una malta buona quale risulterebbe dall'arena fossile, o dalla polvere d'una pietra diversa di quella che ha data la calcina.

9.° La calcina ricavata da durissima pietra, mista con la pietra di Conflans polverizzata, ha prodotto malta, che ha acquistato la consistenza dura e compatta della stessa pietra di Conflans.

10. La mistura della calcina col *ciment*, forma una malta più dura di quella alla quale siasi aggiunta dell' arena.

11. Finalmente la malta composta di calcina e di *blanc de bougival* (1) acquista consistenza maggiore, ed appalesa tessitura più compatta del gesso: siffatto composto, lisciato e stropicciato con pelle, acquista il lustro dello stucco d' Italia.

Questi risultati di sperienze, per l'arte di fabbricare importantissime, stabiliscono in generale, che in conformità dell' opinione di Vitruvio, *le arene fossili* e le sostanze analoghe producono le migliori malte.

Gli operai di Parigi si uniformano nella pratica a queste osservazioni, ed adoprano l' arena fossile per la grossa muratura, e la fluviatile per gl' intonachi.

Del Cocciopisto (ciment), *delle Pozzolane e del Trass.*

Con la voce *cocciopisto* (ciment) accennasi dell' argilla cotta e ridotta in polvere, ricavata per l' ordinario da rottami di tegole o di mattoni.

L' allumina e la silice colorate dal ferro ossidato, essendo i princìpi costitutivi de' laterizi, e poichè è virtù della calcina di comporre unita a codeste sostanze, de' misti capaci di notabilmente indurirsi; il *ciment* ha tutte le prerogative necessarie alla composizione di una eccellente malta.

Il migliore cocciopisto si ricava dai rottami di tegole, ovvero di stoviglie le più cotte. Quello di mattoni ordinari non suole essere di buona qualità, atteso che in commercio i fabbricanti, per la facilità della polverizzazione, prescelgono i mattoni più teneri.

Il cocciopisto che ricavasi dagl' involucri in cui si fa cuocere la maiolica, e che chiamansi *gazètes*, è di qualità egregia.

Si può migliorare la qualità del cocciopisto ricavato da mattoni teneri, esponendolo in un fornello a riverbero ad un' intenso grado di calore. L' esperienza in grande che se ne fece nella costruzione della platea generale del ponte di Alessandria per formarne un ponte chiusato, non lascia dubbio di sorta intorno a tal particolare. L' ingegnere militare incaricato di quella costruzione, mercè dell' enunciato espediente pervenne a convertire in ottimo cocciopisto un cattivo cocciopisto di mattoni. Questo, senza di tale operazione produceva una

(1) *blanc de bougival* non è altro che il *calcio carbonato grafico* purificato, impastato e modellato in cilindri. T.

malta che si diluiva nell'acqua, e che però punto non era atta a quel genere di costruzione; al buon successo della quale si richiedeva malta, che pari a quelle di pozzolana, si assodasse nell'acqua tosto che si adoperava.

Fra le sostanze che si uniscono alla calcina per la composizione delle malte, la più degna di rimarco, la più pregevole quanto all'ottimo uso che se ne fa nelle costruzioni in acqua, è la pozzolana.

Dessa è un prodotto vulcanico, che si rinviene presso i vulcani ardenti o spenti. La porzione d'Italia fra Roma e Napoli ne provvede a dovizia. Di là fassi venire con gran dispendio la maggior parte della pozzolana che si adopera in Francia per lavori idraulici di canali e di porti di mare.

Parecchi de' nostri dipartimenti ne sono in copia provvisti. Il fu Faujas di Saint-Fond primo di tutti ne rinvenne nei dipartimenti che comprendono l'Auvergne ed il Vivarais. Io ne ho ritrovata nel lato meridionale de' monti di Auvergne, fra Chaudes-Aigues e la Guiolle; ce ne ha nella Haute-Vienne, nella Haute-Loire e sulle rive del Reno, nelle vicinanze di Andernach.

Questa sostanza toglie il suo nome da Pozzuoli presso Napoli, donde, secondo Vitruvio, i Romani, i quali molto uso ne facevano, sembra che traessero la prima che adoprarono nelle loro costruzioni.

La più parte de' naturalisti ravvisano in siffatta materia una specie di argilla ferruginosa che ha sperimentato un intenso grado di calore al fuoco de' vulcani; dessa deriva dai frantumi di lave porose, e da lave dure benanco, quali sono i basalti.

Le analisi operate sopra differenti sorte di pozzolane d'Italia e di Francia hanno generalmente dato in 100 di loro parti:

Allumina	40
Silice	35
Calce	5
Ferro	20
	100

Havvi gran novero di varietà di pozzolane. Elleno hanno colori diversi: ve ne ha della bianca e della nera, della gialla e della bigia, della fosca, della rossa e della violacea finalmente.

Alla presenza del ferro, ed al suo grado di ossidazione, è la pozzolana debitrice di codesti svariati colori. La sua gravità specifica varia a tenore del punto di calcinazione, e della proporzione de' princìpi costitutivi. Tutte le specie sono, quale più, quale meno attratte dalla calamita. Sono per l'ordinario polvescenti: cioè un misto di polvere e di particelle più grosse, le quali ultime sono porose.

In Napoli si antepone quella che si cava alcuni piedi sotto terra, a quella che si raguna sul suolo e che ha sperimentato l'influenza atmosferica, serbandosi l'ultima per li meno importanti lavori.

La pozzolana di Roma è d'un rosso fosco, più leggiera di quella di Napoli e frammista di molecole splendenti, che hanno sembianza metallica. Questa poz-

zolana ha la virtù di costituire per se sola, e senza l'aggiunzione della calcina, una buona malta che prende corpo nell'acqua in meno che 24 ore (1).

Può sostituirsi alla pozzolana il basalto polverizzato, dopo avergli fatto subire un grado di calore determinato dall'esperienza; nel quale stato forma con la calcina un'ottima malta, che presto s'indurisce nell'acqua.

Da sperimenti fatti a Cherbourg dagl' ingegneri di ponti e strade emerge, che i basalti ricavati dal dipartimento della Haute-Loire, da prima fortemente calcinati, ed indi polverizzati, han prodotto una malta avente tutte le qualità di quelle che si formano con le differenti specie di pozzolane d'Italia.

Allumina	16,75
Silice	44,50
Ferro ossidato	20,
Calce	9,50
Manganese ossidato	2,37
Sodio	2,60
Acqua	2,
Perdita.	2,28
	100

Dal riscontro di quest'analisi con quella della pozzolana, è palese che questi due composti sono presso a poco della medesima specie: era quindi da aspettarsi il buon risultamento conseguito in comporre della malta con quella sorta di basalto calcinato.

Ma, non essendo in Francia i basalti men rari delle pozzolane, e le spese della calcinazione e della polverizzazione rendendo questa pozzolana fattizia cara quasi quanto la naturale, a quest'ultima in generale si dà la preferenza.

Si è sostituito alla pozzolana anche la pietra pomice polverizzata: la malta che ne risulta ha le medesime proprietà; ma siffatta sostanza è solamente usitata nelle vicinanze del Vesuvio, dove in gran copia si rinviene.

Il Sig. Baggi ingegnere svedese ha cercato di sostituire in Svezia, in dove non è pozzolana, una sostanza analoga ricavata da una specie di scisto nero, abbastanza duro, che rinviensi presso Wenesbourg e che giusta l'analisi, parvegli rispondere allo scopo propostosi.

(1) Una tanta singolarità della pozzolana di Roma non poteva restarsi ignota al Cavaliere San Bertolo, ed avendone, contezza, ella era talo da meritarsi particolar menzione nell'opera di quel diligente autore. Ecco intanto lo sue parole intorno alla pozzolana romana: « La pozzolana più eccellente è quella che si cava nelle adiacenze di Roma: essa è d'un colore rosso bruno, ed ha il peso specifico di 1232. Quella di Napoli è più pesante ed è assai meno efficace della nostra nei muramenti sott'acqua. » Nelle quali parole, non si dicendo che basti per se sola, senza l'addizione della calcina, a formare una buona malta idraulica, noi avvisiamo che il n. a. sia stato indotto in errore da poco esatte relazioni, o che abbia scambiato la pozzolana di Roma col *roman cement* degl'inglesi, il quale è una sostanza congenere alla pietra-siliceo-calcarea, di cui nella V. lezione sarà discorso. T.

Soggettato dal prefato ingegnere lo scisto reiterate fiate ad intenso calore, cangiò lo stesso di colore e perdè la sua durezza. Fu facile allora ridurlo in polvere; e, mescolatolo alla calcina, ne ottenne eccellente malta, avente tutte le proprietà di quelle composte con la pozzolana.

Essendo gli scisti comunissimi nella più parte de' nostri dipartimenti, sommamente utile torna questo trovato per le idrauliche costruzioni. Lo sperimento dello svedese ingegnere fu ripetuto a Cherbourg dal Gratien padre, ingegnere di Ponti e Strade, sopra più varietà di scisti; e le sperienze instituite anche a Parigi da una Commessione presieduta dal fu Guyton-Morveau comprovano, che le pozzolane possono con profitto venir sostituite dagli scisti della specie di quei di Cherbourg. Le malte ottenute da questi saggi sono di buona qualità; sollecitamente si consolidano nell'acqua, e sono economiche rispetto al prezzo della pozzolana, qualora non sieno lontane le cave dello scisto, e non sien rari il carbon fossile o le legna.

L'analisi dello scisto di Haineville presso Cherbourg, di quello cioè che ha offerti i migliori risultamenti, per cento di sue parti ha dato:

Allumina	26
Silice	46
Magnesia	8
Calce.	4
Ferro ossidato	14
Acqua e perdita	2
	100

Ci ha inoltre una sostanza vulcanica nota sotto il nome di pietrame d'*Andernach*, ovvero di pietrame di *brohl*, cui gli Olandesi vendono col nome di *trass* quando è ridotta in polvere, e con la quale si compone una malta eccellente per le costruzioni idrauliche.

Il fu Faujas de Saint-Fond, avendo diligentemente esaminata questa sostanza prima della polverizzazione, riconobbe esser dessa una pozzolana vera.

Gli Olandesi hanno quasi che interamente a se appropriata l'industria delle cave d'Andernach. Col pietrame, cui riducono in polvere mercè degl'ingegnosi loro mulini a vento, fabbricano il *trass*; il quale mandano nel Settentrione, in Francia ed in Inghilterra, in dove la cognizione di cotal sostanza è posta a profitto. Col *brohl*, le cui dimensioni sono maggiori, eglino foggiano mole da servire a diversi usi.

L'analisi del trass dà in 100 sue parti:

Allumina	28
Silice	57
Calcio carbonato	6,50
Ferro	8.50
	100

La maggior parte delle volte delle chiese gotiche del Belgio sono costrutte in pietrame d'Andernach. Si profittò di questa circostanza per procacciarsi con risparmio il trass bisognevole alla costruzione della gran chiusa di Slickens, dai rottami della volta di una chiesa che si demoliva a Bruges. Il trass ottenuto da quei frantumi, compose una malta di qualità eccellente, ed avente tutta le proprietà di quella di Olanda.

In Amsterdam si fabbrica un trass artifiziale: e' consiste in argilla, che si cava dal fondo del mare, e che si fa cuocere alla guisa de' laterizi. Si polverizzano alla grossa queste specie di mattoni con pistelli mossi da un meccanismo, e quindi si macinano, affinchè acquistino la finezza necessaria per poterli mescere alla calcina e comporre la malta.

Bergmann ha analizzato questo trass fattizio, chiamato *ciment privilégié de Hollande*, ed ha trovato che in cento parti contiene:

Silice da	55 a	60
Allumina da	19 a	20
Calce da	5 a	6
Ferro da	15 a	20
	94	106

Della cenerata di Tournay.

La cenerata di Tournay è un misto di particelle di calcina con cenere di carbon fossile che abbia servito alla calcinazione d'una sorta di calce magra, che si fabbrica nelle vicinanze di Tournay con una pietra turchina durissima. Questo composto costituisce una malta egregia per gl'intonachi delle cisterne; ma non è tale sostanza così abbondante, che se ne possa fare uso nelle murature in grande; e però la si riserba per gl'intonachi, e per le commessure delle pietre da taglio.

L'esperienza ha dimostrato che tutte le ceneri del carbon fossile adoprato alla calcinazione della pietra-calcarea, sono atte alla formazione d'una malta, che si consolida sollecitamente nell'acqua.

SUNTO DELLA V.ª LEZIONE

Della pietra siliceo-calcarea di Boulogne-sur-Mer — Delle malte e della loro manipolazione — Dell' estinzione della calcina — Manipolazione de composti — Sperimenti sulla gravità specifica, e sulla forza di resistenza delle malte antiche e moderne.

Della pietra siliceo-calcarea di Boulogne.

Questa pietra è una sostanza composta, la quale calcinata e ridotta in polvere, ha la proprietà di costituire da se sola, senza addizione di calcina, una malta eccellente, che prestamente s' indurisce nell' acqua.

Cotal materia, rinvenuta non è gran pezza in riva al mare di Boulogne, è stata impropriamente chiamata col nome di *plâtre-ciment.*

Giusta l' assertiva dell' artista inglese, che fece conoscere in Boulogne le proprietà della medesima, e' pare che se ne ritrovi in Inghilterra eziandio, e che vi abbondi nelle vicinanze delle miniere di rame.

Colà, calcinata in prima, ed indi ridottala in polvere, vi costituisce un articolo di commercio: essa mandasi in India, dove se ne fa grande uso.

Insino ad ora codesta sostanza è stata rinvenuta soltanto nelle vicinanze di Boulogne, ed in piccoli frammenti alla riva del mare; per ricercar che siasi fatto nell' interno delle terre, non si sono potute discoprire le miniere che la producono: però limitatissimo è l' uso di codesta malta naturale, dovendo essere in proporzione della piccola quantità che la riva del mare può somministrarne. Si adopera soltanto per le congiunzioni delle pietre da taglio.

Una commessione composta di varj membri della Società di Agricoltura di Boulogne ha fatto indagini e sperimenti sopra questa sostanza singolare: il lavoro di questa commissione è registrato nel 12.° volume del *Giornale delle Miniere*: mi faccio ad esporne i principali risultamenti.

La pietra siliceo-calcarea rinvenuta in riva al mare è di figura più o meno irregolare, quasi sempre piatta, non eccedente l'ampiezza della mano, e di color bigio rossiccio all' esteriore.

La sua gravità specifica, comparata a quella dell'acqua, è di 2, 16.; grande n' è la durezza, e si spezza difficilmente.

Nella frattura la tinta è bigiccia co' lembi color di ruggine, la grana fine e compatta, e la superficie della sezione, untuosa al tatto, appicciasi alla lingua.

Questa sostanza percossa col focile non scintilla; unita all' acido nitrico fa effervescenza.

La pietra siliceo-calcarea non si calcina in modo diverso della pietra calcarea. Ridotta al grado di calcinazione necessario per formare una buona malta, il suo peso specifico diventa di 1, 332 ed il suo colore, gialliccio; ma conserva la sua durezza, e non ha la causticità della calcina.

La pietra siliceo-calcarea si adopera con diluirla a poco a poco nell'acqua, sic-

come si costuma pel gesso. L'acqua combinasi con lei e passa allo stato solido sprigionando calorico. La malta non indugia punto a solidificarsi, il perchè fa duopo che l'artifice si affretti ad informare il suo lavoro.

Questa malta naturale è stata soggettata a molte prove onde stabilire la sua impermeabilità sotto un'alta pressione d'acqua, e la sua aderenza per le pietre. Si sono con la medesima fabbricati de' tubi di condotta, i quali riempiti d'acqua alcuni dì dopo la fabbricazione, e tenutili pieni alquanto tempo, comecchè non avessero che poche linee di grossezza, pure non han lasciato apparire nel corso dello sperimento il benchè menomo segno d'umidità nella loro superficie esterna.

Si sono con tal malta saldati de' prismi della medesima formati, de' mattoni, e de' pezzi di pietra calcarea: dopo essere rimasti per tre giorni nell'acqua, non fu possibile distaccarli per forza di pressione, e fu mestieri adoperare quella di percussione.

Si è esposta questa malta alla temperatura di 6. gradi sotto lo zero del termometro di Réaumur, e non ha sofferto alterazione alcuna. È stata sottoposta a molto intenso calore, che si è fatto variare fra 65 e 75 gradi, ed il restringimento cagionato da questa prova, misurato col pirometro di Wedgewood, è stato a quello d'una massa d'argilla pura, tenuta in esperimento di paragone, nella ragione di 4 a 5.

Laonde risulta da codesti sperimenti instituiti sulla malta naturale di Boulogne:

1.° Che in poco d'ora acquista, vuoi nell'acqua, vuoi all'aria, grande durezza; la quale si aumenta per un lungo soggiorno nell'acqua.

2.° Che inalterabili si serbano la forma ed il volume alle consuete temperature di caldo e di freddo de' nostri climi.

3.° Che può con vantaggio venir adoprata alla formazione di vasi, e di tubi di condotta e di fontane. Unita con pietre di piccol volume somministra un'eccellente bitume per le idrauliche costruzioni. Si può farne infine intonachi impermeabili all'acqua, e che faccian lega con muri umidi, coi quali hanno poca aderenza le usuali malte.

Tali sono i risultamenti delle sperienze fatte sulla pietra siliceo-calcarea di Boulogne. Le sue eccellenti qualità fan desiderare che nuove ricerche, ne facciano discoprire delle miniere talmente abbondanti, che se ne possa introdurre l'uso nelle costruzioni in mare.

Delle malte.

Per malta artifiziale, o più generalmente per la denominazione di malta, vuolsi intendere una miscela di calcina con le differenti sostanze silicee od argillose che abbiamo esaminate.

Cotal misto debbe avere la proprietà di tenacemente attaccarsi alle pietre o ai laterizi, e di far corpo con esso loro.

A conseguir siffatto scopo fa mestieri, che le quantità di ciascuna delle materie componenti la miscela, sieno determinate dal ragionamento, e soprattutto dall'espe-

rienza. La natura forma le pietre con terre, metalli ed acqua combinati: egli è appunto imitando il suo processo, che l'arte perviene a comporre le malte.

Alcuni autori hanno preteso, che la gran durezza delle malte romane, derivava dal modo di spegnere la calce; altri l'hanno attribuita all'addizione di piccola quantità di calcina viva, fatta alla estinta nell'atto della composizione della malta: ognuno in sostegno della propria opinione ha tradotto e comentato a suo modo Vitruvio, e recato in compruova le sperienze risultanti dal sistema che aveva adottato.

Codesti differenti sistemi, ognun de' quali ha avuto un momento di favore, non hanno resistito alla prova del tempo: la malta Loriot ha perduto la sua gran fama; ed i metodi impicciosissimi di smorzare la calce alla *romana*, per immersione, giusta i precetti del de la Faye, molto di rado vengono praticati.

Il ragionamento e l'esperienza menano a credere, che gli antichi Romani non abbian serbato in far le malte, metodo particolare. Eglino serbavano quello stesso che in Roma, come in tutta Italia, praticasi oggidì; ed egli è ormai riconosciuto, esser dovuta la grande durezza delle malte romane, non solo alla diligenza che ponevano nella fabbricazione delle medesime, ed alla buona scelta delle sostanze componenti, ma al lasso di tempo ch'è inoltre necessario per procacciare alle malte esposte all'aria, tutta la solidità e tutta la durezza che sono capaci di acquistare.

La determinazione delle quantità delle materie che debbono costituire le malte, non si può assegnare in modo generale: i quantitativi rispettivi è duopo variino a seconda delle qualità.

Una parte e mezza di *calcina grassa*, che per ridursi in pasta di mezzana liquidità assorbisce di acqua due tanti e mezzo del proprio peso, richiede tre parti di sabbia per comporre una buona malta; mentre che alla stessa quantità di sabbia, voglionsi unire due parti di *calcina magra*, alla quale una quantità d'acqua uguale al proprio peso è stata sufficiente per ridurla in pasta di quella medesima consistenza. Queste due malte sono presso a poco di pari consistenza.

Questo esempio, in cui due specie diverse di malta di uguale consistenza, si ottengono con quantità di calcina spenta, che sono per la prima la metà, e per la seconda i due terzi della sabbia impiegata, prova quanto inesatto sia il precetto generale dato dalla più parte degli autori che han ragionato delle malte; il quale generalmente prescrive, che ad ottenere malta di buona qualità, sia duopo unire una parte di calcina spenta con due di sabbia.

Egli è pertanto manifesto, come tal regola vada subordinata alla qualità della calcina, ed a quella delle altre sostanze che debbono comporre il misto.

Le proporzioni convenienti non possono venir determinate che per via di sperimenti; i quali è indispensabile di sempre instituire, innanzi d'imprendere grandi lavori. Le proporzioni delle dosi debbono variare, non solo a tenore delle qualità delle materie che formano il misto, ma a seconda ancora della specie di malta che si cerca.

Quella che si destina alla grossa muratura, richiede sabbia ghiaiosa. Ove la costruzione abbia luogo nell'acqua, si fa uso di polveri argillose, di pozzolane,

o d'altre sostanze analoghe, in luogo di arena, la calcina fa duopo che sia della specie detta *calcina magra* e che non sia smorzata. Nelle malte destinate al collocamanto delle pietre da taglio, si vuole sabbia fina, ovvero cocciopisto passato per staccio. Quella che serve dopo il ponimento delle medesime a colmare gl'interstizi, vuol'esser liquida, e diluita in una sufficiente quantità di acqua. La malta per intonaco da ultimo, domanda la più pura arena, e calcina da molto tempo estinta.

Il vario modo di smorzare e di adoperare la calcina (1), può anche influire sulla qualità delle malte. Le calcine grasse ed untuose, si sogliono estinguere prima di usarle: così costumasi in Italia, e nella più parte dei dipartimenti. A Metz, e dovunque trevasi calcina magra, la si adopra viva, siccome esce dalla fornace, smorzandola in mezzo alle stesse sostanze cui debbe unirsi per comporre la malta.

Il de la Faye, autore di più commendevoli memorie intorno alle malte, credette scorgere in una peculiar maniera di spegnere la calce, il preteso segreto della fabbricazione della malta de' Romani.

Questa maniera consiste in ismorzar la calce per immersione, affondando nell'acqua un paniere pieno di calce frantumata. Fatta gocciolar l'acqua, riponesi

---

(1) La calce si smorza, o spontaneamente, o artifizialmente. Ad ottener l'estinzione pel primo modo, basta lasciarla esposta all'aria un tempo più o meno breve a seconda dello stato igrometrico dell'atmosfera. La calce, assorbendone l'umido, si trasmuta in calcina spenta; suole crescer di peso per circa due quinti del primitivo, ed aumentar di volume, al dir del Cavalieri, nella ragione di 1. a 1. 75, e talvolta di 1. a 2. 55.

Lo spegnimento artifiziale si ottiene in due modi diversi: per *aspersione* e per immersione. Il primo è il più usitato, e consiste in preparare due fosse fra loro comunicanti mediante canaletto o pertugio, ed in diverso livello. Nella più alta si pone la calce viva, la quale si smorza gettandovi su dell'acqua pura. La quantità di questa non è assegnabile con precisione, dipendendo dalla varia facoltà della calce di assorbirla; ma, a schivare l'eccesso ed il difetto, ambedue nocivi, giova infonder l'acqua con discrezione in prima, e quindi aggiugnerne della nuova, se il bisogno lo richiede. Intanto si agevola lo scioglimento della pasta, e si ha cura che l'acqua si spanda uniformemente in tutta la massa; e, quando si è sicuri che non ne sia rimasta niuna porzione a secco, e si vede tutta ridotta ad una pasta di pari densità, si apre la comunicazione e si lascia colare nella fossa sottoposta. Una ramata posta all'un de' capi del canaletto, impedisce a' corpi estranei ed a' pezzi di calce mal cotti o male spenti di passare anch'essi nella fossa inferiore; quando la pasta è tutta colata ed assodata, vi si distende sopra uno strato di sabbia alto da 50 a 60 centimetri. La calcina così spenta può in generale venire immediatamente adoperata; ma tutti convengono che, volendosene servire per intonachi, giovi di lasciarla macerare ed affinare lungo tempo nel serbatoio.

Il metodo di de Lorme diversifica in questo, che sulla calce viva si distende uno strato di sabbia alto circa 60 centimetri, su del quale si asperge l'acqua necessaria all'estinzione; curando di chiudere le fenditure che si van formando sulla sabbia, onde impedire la dissipazione de' vapori dell'effervescenza, ai quali si attribuiscono proprietà favorevoli alla buona riuscita delle malte.

Il metodo *d'immersione* è quello del de Lafaye dal n. a. riferito (T. dal Cavalieri v. 2. pag. 37. e seg.)

in un tino la calcina, e quivi perde a grado a grado il suo calore, e si riduce in polvere. La si conserva, tenendo coperti i tini infino al momento in cui dee impiegarsi.

Rondelet, che ha fatti di molti sperimenti sui diversi modi di spegnere la calce e di adoprarla, e sulle malte formate con le svariate miscele delle sostanze che si usa di unire alla calcina, ha riconosciuto che la malta fatta con calce spenta per immersione, non ha vantaggio di sorta rispetto a quella composta con calce smorzata nel consueto modo. E osserva, che solamente stiracchiate interpretazioni di taluni passaggi di Vitruvio, han potuto far credere esser questa la maniera di estinguere la calce appo i Romani.

Comechè risulti dagli sperimenti del Rondelet, che punto non profittino le malte rispetto alla durezza per siffatto metodo, tuttavolta esso offre di grandi vantaggi sopra il modo di smorzare la calce, in Parigi usitato; perciocchè porge il destro di scartare i pezzi di calce male estinti, sia che derivino da prava natura della pietra, sia da difetto o da eccesso di calcinazione; onde il Rondelet, antepone bensì questo metodo, ma ad evitare complicazione nella mano d'opera non ripone ne' tini la calcina dopo l' immersione per conservarla in polvere, e consiglia di metterla immediatamente nella vasca, e di compierne subito l'estinzione, riducendola in pasta od in calcina liquida.

La superiorità di cotal metodo è stata non ha guari novellamente confermata dagli sperimenti del Fleuret, antico professore di Architettura nella Scuola Militare di Parigi, ed autore d' un pregevole trattato sull'arte di fabbricare le pietre fattizie, impresso nel 1807; ma all' operazione dell' immersione, aggiugne costui la precauzione indispensabile di comporre la malta immediatamente dopo il tuffamento della calce, e d'impedire soprattutto l'esalazione de' vapori che con impeto si sviluppano, coprendola con la sabbia, o con le materie che debbono comporre la malta. Egli opina che codesti vapori contengano princìpi atti alla rigenerazione della calce, e che contribuiscano quindi ad accrescere la durezza delle malte.

Ma del resto, sia qualsivoglia il metodo che si adotta per ispegnere la calce, sia qualunque la specie di malta che si vuole ottenere dalla miscela delle diverse sostanze con la calcina viva o spenta; la bontà della malta dipende essenzialmente dall' intima combinazione delle materie che la compongono: fa di mestieri, che senza addizione d' acqua si operi la miscela con la calcina in pasta, ovvero, ove la si adoperi viva, con quella quantità di acqua rigorosamente necessaria all' estinzione di questa. In qualunque caso la miscela non va già fatta siccome in Parigi con la pala o col bastone; bensì con un' ampia zappa, siccome è costume in Italia, ed in alcuni nostri dipartimenti.

Fa soprattutto di mestieri, siccome il Fleuret raccomanda, allorchè si adopera calcina spenta a suo modo, preparare tanto di malta quanto è il bisogno di un giorno, perocchè tostamente si assoda, e che dieci o dodici ore dopo la sua composizione, non si può più maneggiarla con la cazzuola senza bagnarla, e quindi senza alterarne la qualità.

Il Rondelet fece nal 1783 con calce di Marly molti saggi, affin di conoscere

la natura e le doti di quelle materie, che più atte si fossero a formare con quella calcina una buona malta. Egli sottopose alla pressione della macchina da schiacciar pietre, dei prismi, o specie di mattoni formati di queste diverse malte, diciotto mesi dopo la loro fabbricazione: i risultamenti di cotali sperimenti, si trovano nel primo volume della sua opera sull'arte di fabbricare a pag. 306. e seg.; di essi estrarrò i principali in sostegno delle conseguenze che sarò per dedurre (1).

(1) Le nuove scoperte dell'ingegnere Vicat sopra diverse specie di calcina, sommariamente per noi toccate nella nota a pag. , e le nuove sperienze da lui instituite sulle malte, rendono necessaria la lettura della già encomiata sua memoria, onde attignervi, sull'influenza della calcina nella composizione delle malte, nozioni più positive, che non sono quelle qui arrecate: influenza, che all'epoca della prima impressione della presente opera, non così bene, come in oggi, era conosciuta.

NUMERI D'ORDINE degli sperimenti.	SPECIFICAZIONE DELLE MALTA.	QUANTITA' delle materie.	GRAVITA' specifica.	PESO sofferto da una superficie di 4. pollici.
		parti		
1.	Arena fluviatile	3.	1,625.	1866. libre
	Calcina in pasta	2.		
2.	La stessa malta ma costipata .	. . . .	1,893.	2552.
3.	Arena fossile	3.	1,588.	2475.
	Calcina in pasta	2.		
4.	La stessa malta ma costipata .	. . . .	1,903.	3420.
5.	Cocciopisto di rottami di tegole.	3.	1,457.	2896.
	Calcina in pasta	2.		
6.	La stessa malta ma costipata. .	. . . .	1,663.	3970.
7.	Cocciopisto di rottami di tegole.	2.	1,503.	2645.
	Arena fossile	1.		
	Calcina in pasta	2.		
8.	La stessa malta ma costipata. .	. . . .	1,734.	3762.
9.	Silice polverizzata.	3.	1,681.	1783.
	Calcina in pasta	2.		
14.	Pozzolana di Roma	3.		
	Calcina in pasta	2.	1,320.	2090.
15.	La stessa malta ma costipata .	. . . .	1,442.	2728.
18.	Pozzolana di Napoli	3.		
	Calcina in pasta. . . : . .	2.	1,284.	1844.
19.	La stessa malta ma costipata .	. . . .	1,394.	2360.
32.	Malta antica derivante da un intonaco di pozzolana distaccato da una condotta d'acqua vicina di Roma	. . . .	1,549.	4664.
33.	Malta antica derivante da una condotta d'acqua vicina di Lione	. . . .	2,028.	4738.
39.	Malta proveniente dalle demoliture della Bastiglia	. . . .	1,487.	3258.
43.	Malta Loriot	. . . .	1,472.	1592.
44.	Malta la Faye.	. . . .	1,592.	1664.
46.	Malta di gesso stemperato con latte di calce	. . . .	1,115.	3242.

Da questi principali sperimenti si può conchiudere :

1.° Che il costipamento delle malte, vogliam dire l'azione di batterle per comprimerle, notabilmente accresce la loro densità, e la loro forza di resistenza.

2.° Che l'arena fluviatile, e la silice derivante dalla grès pesta, non sono, a malgrado del pregiudizio in lor favore, le sabbie che compongono le migliori malte — Le arene fossili, le polveri argillose, le pozzolane, sono da anteporsi.

3.° Che meglio resistono alla pressione le malte di cocciopisto, che le malte di pozzolana, e che fra queste, quelle di pozzolana di Roma, sono migliori di quelle di pozzolana di Napoli.

4.° Che le malte fatte secondo il metodo di Loriot sono le meno resistenti.

5.° Che le malte antiche d'Italia e di Francia, hanno fra loro presso a poco resistenza uguale, ma assai maggiore di quella delle malte composte da soli 18 mesi.

6.° Che la malta derivante dalle demoliture della Bastiglia, ha del pari acquistato grande forza di resistenza, ma meno per altro delle malte romane.

7.° Finalmente, che il gesso diluito con latte di calce perviene in diciotto mesi a maggior durezza dell'usuale malta di calcina.

SUNTO DELLA VI.ª LEZIONE.

Seguito delle malte — Del gesso.

L'aumento di durezza, che il tempo procaccia alle malte degli antichi, ha suscitata l'attenzione del Rondelet, ed egli ha cercato di valutarlo con sottoporre a nuovi sperimenti quelle stesse malte, che 16 anni innanzi avea saggiate.

Ecco i risultamenti delle nuove sperienze, sopra parallelepipedi di quattro pollici di base.

NUMERI D'ORDINE degli sperimenti.	SPECIFICAZIONE DELLE MALTE.	PRESSIONI SPERIMENTATE. nel punto dello schiacciamento. In ottobre 1817.	In agosto 1802.
2.	Malta di arena fluviatile, costipata. .	2552. libre	2864. libre
6.	Malta di *cocciopisto*, costipata. . .	3970.	4948.
7.	Malta di *cocciopisto* e di arena . .	2645.	2948.
15.	Malta di pozzolana di Roma, costipata.	2728.	3112.
18.	Malta di pozzolana di Napoli, costipata.	2360.	3100.

Questi sperimenti fan manifesto, come nelle malte la durezza si accresca col tempo, sendo stati sedici anni bastevoli ad accrescere di circa un 8.vo la resistenza della malta ordinaria, di un 9.no quella della malta di cocciopisto misto alla sabbia, di un 7.mo quella della malta di pozzolana di Roma ed infine di quasi un terzo quella delle malte fatte con pozzolana di Napoli.

Siffatte sperienze stabiliscono con abbastanza di esattezza la resistenza della malta contra una forza di pressione; ma egli era per l'arte edificatoria importante di conoscere la forza con la quale le malte aderiscono alle pietre ed ai laterizi, cui elleno nella muratura congiungono.

Il Rondelet ha anche fatti degli sperimenti per determinare codesta forza di adesione, ed egli ha trovato, che a disgiugnere pietre e mattoni insieme attaccati già da sei mesi con la medesima malta, è stato duopo:

NUMERI D'ORDINE degli sperimenti.	INDICAZIONI	FORZA NECESSARIA per operare la separazione.
1.	Due pietre di *liais* levigate con l'arenaria (grès) . .	64.libre
2.	Medesime pietre, le cui superficie erano però meno lisce.	70.
3.	Pietre d'Arcueil.	72.
4.	Pietre di Conflans	108.
5.	Pietre molari	123.
6.	Mattoni di Borgogna	138.
7.	Frammenti di Tegole	141.
Le stesse sperienze ripetute con avere unito a codeste sostanze il gesso		
N. 2. di sopra	Pietre di *liais*	124.
3.	Pietre d'Arcueil	127.
4.	Pietre di Conflans	168.
5.	Pietre molari.	189.
6.	Mattoni di Borgogna	201.

Questi sperimenti sull'aderenza delle pietre e dei laterizi congiunti mediante la malta ordinaria, ed il gesso, dimostrano in generale, che meno dure sono le pietre, e maggiore è la forza d'adesione. La pietra molare costituisce un'eccezione, ed è senza dubbio dovuta ai maggiori mezzi di appicco che offrono alle malte le cavità di cotale condizione di pietra. Quanto all'adesione fra i laterizi, ch'è di tutte la più tenace, ella è fondata sull'affinità maggiore già riconosciuta fra la calcina e l'argilla ferruginosa.

Dalle sperienze sull'aderenza delle pietre riunite dal gesso, che di quasi un terzo è risultata maggiore di quella delle pietre riunite dalla malta consueta, si potrebbe per avventura inferire che lo gesso sia da anteporsi alla calce nelle murature; ma giova osservare, che mentre la forza di aderenza cresce col tempo

nelle malte, per lo contrario, ha l'esperienza provato che la si scema nel gesso, massime quando è esposto all'umido.

Codesti sperimenti stabiliscono ancora, che la forza di aderenza delle pietre riunite dalla malta, dipende altresì dalla maggiore o minor levigatezza artifiziale delle facce delle pietre tagliate.

Fa duopo inoltre si distingua questa forza di adesione delle malte che congiungono le pietre o i laterizi, da quella che ha luogo fra le parti integranti della malta.

Avvegnachè sia impossibile determinare a rigore la prima forza, dipendendo essa dal maggiore o minor pulimento delle superficie, e dalla maggiore o minore affinità che possono avere i corpi riuniti dalle malte; tuttavolta si può valutarla con assumere per valore di adesione media una quantità dedotta da molte sperienze. Questa si trova essere di 105 libre per 4 pollici di superficie, ovvero di 3780 libre per piede quadro.

Quanto alla forza di coesione delle parti integranti delle malte, il Rondelet ha anche cercato di conoscerla mercè di varie sperienze instituite sopra parallelepipedi di malta, 16 anni dopo la loro fabbricazione, e facendo loro sperimentare una forza di traimento nel senso della lunghezza.

Il rapporto dello sforzo necessario per vincere questa forza di coesione sulla malta n.° 1 delle precedenti sperienze, a quello di pressione che ha infranto lo stesso parallelepipedo, è stato come 53 a 676: vale a dire il $\frac{1}{13}$ circa di quest' ultima forza.

Per la malta n.° 6 il rapporto fra queste due forze è di 1 a 7 e mezzo.

Per le malte di pozzolana il rapporto è di 1 a 8. Esso è stato trovato quasi lo stesso per le malte antiche.

Quando dopo un considerevole lasso di tempo, hanno finalmente le malte acquistato tutta la loro durezza, la forza di adesione che unisce le pietre mediante le malte, è assai maggiore di quella di coesione delle parti integranti di esse malte. Questo fatto è stato invariabilmente comprovato dalla frattura delle malte, la quale si è sempre verificata dentro lo spazio delle commettiture, ovvero dei vuoti che desse riempiono; mentre non è stato possibile distaccare le pietre, di cui le masse murali a cotali pruove soggettate, erano formate.

Il contrario interviene di quei massi le cui pietre sono unite dal gesso, poichè in qualunque tempo, la forza di coesione fra le molecole del gesso, vi è maggiore di quella che lega il gesso alle pietre.

Del bitume ovvero smalto.

Infra le svariate maniere di malte, ce ne ha una, che riunisce molti vantaggi per le costruzioni in acqua: ella è quella che *bitume* vien chiamata.

Siffatta malta suol comporsi con calcina magra, sabbia, pozzolana, o coccio-pisto e con ritagli di pietra, i quali vi si aggiungono nell'atto che si compone la mistura.

Il bitume va adoprato nelle masse murali di fondazione delle opere idrauliche

così in mare, come ne' fiumi: lo si versa nell' acqua, o immediate, o mercè di casse all' uopo adattate, le quali impediscono che la materia cementizia si disciolga, nel traversare che fa il liquido per toccare il fondo, sopra cui s' impianta la fondazione.

Comechè non si possano stabilire regole generali per la composizione del bitume, dipendendo e variando le dosi che debbono formare la miscela a seconda delle qualità delle materie; ciò non pertanto passo ad accennare la formazione d' un bitume, che in più circostanze è stato con buon successo impiegato.

		parti
Per 40 parti.	Pozzolana d' Italia.	12.
	Sabbione o ghiaiuola.	6.
	Calcina magra viva	10.
	Scaglie lapidee.	12.
		40.

Si compone il bitume mescolando in prima la pozzolana alla calcina viva, la quale si smorza giusta il modo prescritto dal Fleuret, con porla cioè in una specie di bacino formato dalla stessa pozzolana, che la circonda e la ricopre; dappoi vi si mesce la ghiaia, e, compita la mistura, vi si aggiungono i frammenti lapidei senza addizione d' acqua, dovendo bastar quella che ha servito a ridurre in pasta la calcina. Il rimescolamento va fatto con zappa e con pale di ferro.

Si lascia in riposo lo smalto per otto o dieci ore, e nuovamente si rimescola prima di adoprarlo nelle fondazioni.

In quello che si destina alle imbottiture, nello interno di muri superiori, dov' è duopo venga costipato onde se ne accresca la densità, e si renda la costruzione impermeabile all' acqua, la quantità de' ritagli vuol ridursi alla metà, e più piccoli voglion' essere i pezzi: sopprimesi anco la ghiaiuola per sostituirvi arena fossile, o fino *cocciopisto*.

Soltanto mercè di sperimenti e di saggi sopra varie combinazioni di miscele fra le sostanze cui è dato di far uso per la composizione delle malte e del bitume, con variarne le dosi e con esporre i risultati per più mesi all' acqua entro casse pertugiate in tutte le facce, si potrà con conoscenza di causa determinare le quantità che debbono entrare ne' misti per formare gli smalti più vantaggiosi alle diverse sorte di costruzioni.

Del gesso.

La pietra conosciuta col nome di *gesso*, o di pietra pura da gesso, non è se non calcio solfato.

Questo sale è scipito e di svariatissime forme; ma la primitiva è prismatico-romboidale-quadrangolare.

Siffatta sostanza esposta al fuoco si essicca e diventa friabile.

Cento parti di gesso puro si compongono di:

Acido	46.
Calcio . . . , ...	32.
Acqua	22.
	100.

La pietra che si calcina per averne il gesso non è quasi mai pura, ma bensì un composto di calcio solfato e di calcio carbonato.

L'azione del fuoco espelle l'acqua di cristallizzazione del calcio solfato, e l'acido del calcio carbonato: laonde il gesso calcinato è un misto di calcina viva e di calcio solfato privo d'acqua.

Dalla composizione di questa sostaza è chiaro che il buon gesso richiede un certo grado di calcinazione. L'eccesso, o il difetto di cottura, fanno fallare l'operazione. Egli è altresì manifesto come, esposto all'aria, debba il gesso perdere successivamente la sua durezza, ed il perchè, adoprato in luoghi umidi, esso si sfogli e cada in polvere.

A malgrado di questi inconvenienti del gesso, a cagion de' quali ne va vietato l'uso nella costruzione degli edifizi e de' monumenti pubblici, utilissima non pertanto torna all'arte edificatoria siffatta sostanza, e vantaggioso l'adoprarla in talune parti della costruzione delle private abitazioni.

Molta aderenza ha il gesso con le pietre e coi laterizi, e pochissima col legno; per il che si costuma guernire di chiodetti i legni che si vogliono ingessare. Con questo spediente si perviene ad intonacare con gesso l'interno e l'esterno della casa, ne' siti dove si è adoprato il legno in paramento.

Il miglior metodo di calcinare il gesso consiste in applicarvi da prima un moderato calore, onde fargli perdere la sua umidità, e tutta l'acqua che non vi è in istato di combinazione. Si accresce dappoi il fuoco, ma meno che nella calcinazione della calce, e bastano per l'ordinario 24 ore di questo grado a conseguire una compiuta cottura.

Il gesso è abbastanza cotto quando nello stemperarlo l'operaio sente ch'è untuoso, e che si attacca alle dita. S'è poco o troppo calcinato non ha l'enunciata proprietà.

Siccome il gesso calcinato perde le sue virtù, quando resta esposto all'aria, bisogna adoprarlo tostochè esce dal forno. Riducesi in polvere infrangendolo con pili, ma più opportune sarebbero le mole, ovvero de'cilindri di pietra o di ferro. Ne' paesi che non producono gesso è duopo farlo venire non calcinato, ed affinchè nella pratica riesca felicemente l'uso di tal materia, la calcinazione va fatta ne' luoghi medesimi, ed immediatamente prima del suo uso.

Si adopera il gesso, o liquido o denso, a seconda dell'uso cui si destina. Per le ingessature, si bagna quanto basta a ridurlo in pasta, e questo dicesi dagli operai (gâcher serré) *impastar denso*. Per modellare si aggiunge più acqua, ed allora addimandasi *impastare sciolto* (gâcher clair). Per gl'intonachi l'acqua vuol'essere anche di più.

In generale è da osservare, che per le usuali operazioni, per istemperare lo gesso, si richiede tanto d'acqua quanto è il suo volume.

Come nel gesso si contiene poco calcio carbonato, ne segue che il gesso diluito non è caustico, l'operaio può maneggiarlo impunemente nel recipiente in dov'è stato stemperato, e per modellare i suoi lavori ci può valersi indifferentemente delle sue mani e della cazzuola.

Talvolta il gesso si distempera con latte di calcina, e talaltra con acqua di colla forte. Siffatti metodi, e massime il secondo, procacciano maggior solidità ai lavori che si fanno, e li rendono suscettivi di bel pulimento. Così si fa in Parigi lo stucco.

Una proprietà del gesso stemprato, che molto importa di conoscere ella, è che notabilmente cresce di volume nel solidificarsi. Questa proprietà del gesso è l'opposto di quella delle malte, le quali nello assodarsi scemano di volume. Vuolsi aver riguardo a siffatta proprietà, ed isolare dai muri di circuito le opere costruite con questa sostanza. Senza questa precauzione potrebbero conseguitarne spiacevoli effetti, e perfino talvolta il rovesciamento dei muri.

GIUNTE ALLA QUARTA QUINTA E SESTA LEZIONE.

Le poche cose che seguono tragghiamo noi dall'opera del Vicat sulle calcine e sulle malte, scegliendo quelle che reputiamo principalissime, e soprattutto necessarie, onde il leggitore non sia per avventura tratto in errore, studiandole nel testo, che vide la luce in tempo anteriore alle ultime scoperte ed esperimenti fatti dall'ingegneri francesi, e segnatamente dal Vicat; i quali, distruggendo gran numero di errori e di pregiudizi, hanno quasi prodotta una rivoluzione nelle teoriche allora vigenti sopra questa parte capitale delle murali costruzioni — Non sapremmo pertanto abbastanza inculcare la lettura della prefata pregevolissima opera del Vicat; la quale sarebbe sommamente a desiderare che si vedesse voltata in italiano, e pubblicata fra noi, con l'aggiunta di sperimenti appositamente fatti sui nostri materiali.

I.ª

Sostanze che si uniscono alle calcine per comporre le malte..

(Sables). Le sabbie propriamente dette sono il prodotto della decomposizione delle rocce granitiche, scistose, calcaree, della arenarea ec.

(Arènes). Chiamano i francesi con questo nome le sabbie generalmente quarzose e miste ad argilla diversamente colorata in proporzioni variabili fra'l quarto ed i tre quarti del totale volume.

(Psammites). Rispondono questi alle grauwacks de' Tedeschi, e consistono in granellini di quarzo, di scisto, di feldspato e di particelle di mica meccanicamente conglutinate da un cemento variabile. Quelli scistosi, gialli, rossi o foschi, di granelli tenui al tatto e formanti pasta di argillosa consistenza nell'acqua, costituiscono una specie particolare e rimarchevole nella composizione delle malte.

Argille. Si distinguono in quattro classi: in apire, cioè inalterabili alla temperatura dei fornelli da porcellana (140 Wedg.ᵈ); in fusibili; in effervescenti, ovvero marne argillose, ed in ocrose infine, cioè colorate in rosso o giallo puro dal ferro ossidato.

Pozzolane. Si compongono essenzialmente di silice e di allumina, unite ad un po' di calce, di potassa, di soda e di magnesia; il ferro vi si trova meccanicamente frammisto allo stato magnetico.

II.ª

Definizioni necessarie per l'intelligenza di ciò che segue.

Chiama il Vicat *massimamente energica* ogni materia, che mescolata in consistenza argillosa con calcina grassissima smorzata al modo ordinario, cioè per aspersione, produce una malta capace: 1.° di far presa fra 'l primo ed il terzo giorno dopo l'immersione; 2.° d'acquistare dopo un'anno la durezza del buon mattone; 3.° di dare una polve arida sotto la sega a molla (piccola sega la cui lama è una molla di orologeria).

Semplicemente energica ogni sostanza, che nelle medesime circostanze di sopra, produce malta capace: 1.° di far presa fra il 4.° e l'8.° giorno dopo l'immersione; 2.° d'acquistare dopo un anno d'immersione la durezza della pietra tenera; 3.° di dare sotto la sega suddetta una polvere umida.

Poco energica ogni materia che nelle sopraindicate circostanze produrrà malta capace: 1.° di far presa fra il 10.° ed il 20.° giorno; 2.° d'acquistare dopo un'anno d'immersione la durezza del sapone asciutto; 3.° d'imbrattare la sega.

Inerte ogni sostanza la cui presenza nelle opportune proporzioni nella calcina grassa, nulla cangi al modo d'essere di questa, ove sia immersa nell'acqua non mista ad altra materia.

Ciò premesso egli dà come risultamenti di sperimenti:

1.° Che le sabbie propriamente dette sono in generale materie inerti.

2.° Che le *arènes*, le *psammites* e le argille sono ordinariamente materie poco energiche, e di rado energiche.

3.° Che le pozzolane naturali ed artifiziali possono essere materie sommamente energiche, o semplicemente energiche, o poco energiche.

III.a

Convenienza reciproca delle diverse calcine e degl' ingredienti che concorrono alla formazione delle malte.

Per aver malta di molta energia nell' acqua fa d' uopo unire:

Con le calcine grasse, le pozzolane artifiziali o naturali sommamente energiche;

Con le calcine mediocremente idrauliche, le pozzolane naturali o artifiziali semplicemente energiche; le pozzolane naturali o artificiali sommamente energiche miste con circa una metà di sabbia o d' altre materie inerti; le *arènes* ed i *psammites* energici;

Con le calcine idrauliche, le pozzolane naturali o artifiziali poco energiche; le pozzolane naturali o artifiziali energiche, temperate con una miscela di circa la metà di sabbia; le *arènes* ed i *psammites* poco energici;

Con le calcine eminentemente idrauliche, le materie inerti come le sabbie quarzose o calcaree; le scorie ec.

Per aver malte capaci di acquistare gran durezza all' aria aperta, e di resistere alle piogge, ai calori ed alle forti gelate fa mestieri si unisca;

Alle calcine grasse: niuno ingrediente può farne conseguire lo scopo;

Alle calcine mezzanamente idrauliche: niuno ingrediente può farne compiutamente conseguire lo scopo;

Alle calcine idrauliche: le sabbie qualunque molto pure; le polveri quarzose; le polveri provvenienti da pietre calcarèe dure o da altre inerti materie;

Alle calcine sommamente idrauliche: le stesse sostanze testè dette.

IV.a

Delle malte destinate alla immersione. Scelta del modo di estinzione.

Le pruove di fatto conducono il Vicat alla seguente generale osservazione, cioè;

1.° Che per tutte le possibili malte fatte con calcine grasse o mezzanamente idrauliche l'ordine di precedenza de' tre modi di estinzione conosciuti è come appresso: lo spontaneo, poscia quello per immersione, infine quello ordinario o per aspersione.

2.° E per tutte le possibili malte composte con calcina idraulica o sommamente idraulica l'ordine s'inverte: cioè prima l'ordinario, indi quello per immersione ed infine lo spontaneo.

Influenza del tempo.

Le seguenti avvertenze emergono dai fatti fino al dì d'oggi osservati.

1.° L' eccesso di calcina grassa o mezzanamente idraulica in un cemento ne ritarda la presa; le proporzioni più favorevoli a questa presa, sono eziandio quelle che danno la durezza maggiore.

Questo ha relazione alla osservazione che non sempre le malte idrauliche più sollecite a far presa sono quelle che pervengono a durezza maggiore; chè anzi non è rado il veder pervenire a maggior durezza le malte più restie ad assodarsi.

2.° Il secondo ed il terzo metodo d' estinzione paiono in generale più atti che non il primo ad affrettare la presa.

3.° I progressi delle malte di calcine grasse e di pozzolane energiche o molto energiche, sono tuttavia sensibili nel terzo anno dopo l' immersione.

4.° I progressi delle malte di calcine idrauliche o sommamente idrauliche con sabbie quarzose o calcaree, non sono più sensibili dopo il secondo anno d' immersione.

5.° Il tempo modifica ma non distrugge i rapporti di durezza che derivano dal confronto

dei tre modi di estinzione: vale a dire, che l'ordine di precedenza osservato alla fine del primo anno, è ancora lo stesso alla fine del terzo, e così di seguito.

V.ª

Delle malte costantemente esposte all' aere ed a tutte le intemperie.

I più notevoli ed i più importanti risultamenti, che si desumono dal confronto generale delle malte cogl' idrati di calce, possono enunciarsi così:

1.° Gl' idrati di calce che acquistano all' aere la più grande durezza, sono per contrario quelli che misti alle sabbie pure, producono le più fievoli malte.

2.° L' intervento delle sabbie pure non contribuisce, siccome una volta si credeva ad aumentare la coesione di cui ogni specie di calcina indistintamente è suscettiva; ma è bensì di nocumento alle calcine grasse, utilissimo alle idrauliche e sommamente idrauliche, e non aggiugne nè toglie nulla ad alcune specie intermedie.

Influenza della grossezza delle sabbie.

Gli sperimenti provano, che le sabbie quarzose o calcaree prendono rispetto a ciascuna specie di calcina il seguente ordine di superiorità, cioè:

Per le calcine sommamente idrauliche e semplicemente idrauliche vengono da prima le sabbie fine; indi le sabbie a granelli disuguali risultanti dal mescolamento delle grosse sabbie con le fine; e da ultimo le sabbie grosse;

Per le calcine mediocremente idrauliche sono prime le sabbie a granelli disuguali mescolate como sopra, vengon dappoi le fine ed infine le grosse.

Per le calcine grasse primieramente le sabbie grosse, indi quelle a granelli disugnali e finalmente le fine.

Proporzioni per le calcine grasse.

1.° La resistenza delle malte di calcina grassissima estinta al modo ordinario, dalle 50 fino alle 240 parti di sabbia per ogni 100 parti di calcina in pasta consistente, cresce sempre; da quel termine in poi ella decresce indefinitamente.

2.° La resistenza delle malte medesime, ove la calce sia stata spenta per immersione o spontaneamente, cresce del pari dalle 50 fino alle 220 parti di sabbia per ogni 100 parti di calcina in pasta forte, e quindi in poi decresce indefinitamente.

Proporzioni per le calcine semplicemente idrauliche.

1.° La resistenza delle malte di calcine idrauliche spente al modo ordinario, dallo zero fino alle 180 parti di sabbia per ogni 100 di calcina in pasta consistente, aumenta; e poi decresce indefinitamente.

2.° La resistenza delle medesime malte, quando la calce sia spenta per immersione o spontaneamente, cresce dallo zero fino alle 170 parti di sabbia per ogni 100 di calcina in pasta forte, indi scema indefinitamente.

Scelta del modo di smorzare la calce.

L' ordine di preminenza fra i tre modi di estinzione è quello stesso notato per le malte destinate all' immersione.

Influenza del tempo.

Secondo il Vicat non s' incontrano buone malte di calcine grasse se non nelle fondazioni e nelle masse murali di edifizi dell' età di 4 a 500 anni; epperò osserva, che malte siffatte, le quali non addivengon dure che dopo 4 o 500 anni sono rispetto a noi come se giammai non lo addivenissero.

Quanto alle malte di calcine idrauliche o eminentemente idrauliche, s' inferisce dagli sperimenti per lui raccolti, ch' esposte all' aere in piccolo volume, pervengono nel breve giro di 18 a 20 mesi, se non all' ultimo grado di durezza di cui sono suscettive, assai dappresso a questo termine.

VI.ª

Influenza del costipamento sulla resistenza delle malte in generale.

Per questa operazione, il ravvicinamento delle parti della materia avvenendo sempre nel medesimo senso, si forma necessariamente in questa una tessitura sfogliosa la quale, abbenchè non visibile, non è però meno reale.

Pertanto insegna l'esperienza:

1.° Che l'effetto del costipamento è di aumentare in tutt'i casi, inegualmente però in ciascun d'essi, la resistenza assoluta delle malte di calcine grasse con sabbie pure. Ma la più grande resistenza diviene normale al piano delle laminette, quando le malte si seppellivano immediatamente dopo la loro fabbricazione sotto una terra umida; ed ella resta parallella a codesti medesimi piani, laddove le malte subiscano le atmosferiche influenze;

2.° Che l'effetto del costipamento non è costantemente efficace per le malte di calcine idrauliche o massimamente idrauliche con sabbie o polveri calcaree o quarzose, se non nel caso soltanto che la lapidificazione di cotai malte si operi sotto una terra umida. La maggiore resistenza è in allora diretta perpendicolarmente al piano delle fogliette conformemente alle malte di calcine grasse; ma all'aria il vantaggio delle malte costipate sopra quelle che non lo sono, si manifesta nel solo senso parallello al piano delle laminette.

3.° Che il costipamento è mai sempre sfavorevole all'idrato di calcina idraulica o eminentemente idraulica impiegato senza miscola ed esposto agl'influssi d'una terra umida; e qualora l'idrato si assodi all'aria, gli è favorevole soltanto parallellamente alle laminette.

Forza di resistenza delle malte in generale.

Le resistenze assolute delle malte di calcina e sabbia per ogni centimentro quadrato di superficie variano fra i limiti di 18,chil. 53 fino a 0,chil. 75. Nei calcoli non pertanto in cui la tenacità delle malte entra come dato, e quando nulla non si sia pretermesso per opportunamente regolare le proporzioni e la scelta del modo di spegnere, si può valutare la resistenza assoluta media.

	chil.
Nel caso di calcine eminentemente idrauliche per . .	12,00
di calcine semplicente idrauliche per . . .	10,00
di calcine idrauliche di mezzana qualità per .	7,00
di calcine grasse per	3,00
Le cattive malte che i nostri operai fabbricano, non danno più che.	0,75

SUNTO DELLA VII.ª LEZIONE.

Muratura degli antichi e de' moderni. Metodo di ponitura.

Muratura.

Per muratura s' intende una massa di costruzione in pietra da taglio, od in pietrame, o finalmente in laterizi, congiunti fra loro mediante la malta, o il gesso.

Vi ha quindi più maniere di muratura.

La prima si addimanda muratura in *pietra da taglio*, o d' *apparecchio* (d' appareil).

La seconda denominasi muratura minuta, ovvero *muratura di pietrame*, o di *mattoni*.

PRIMA CLASSE. *Muratura d' apparecchio.*

Abbenchè in taluni antichi monumenti le pietre d' apparecchio, di che quelli sono formati, sieno poste senza malta, vanno ciò non pertanto cotali costruzioni allogate nella classe della muratura d' apparecchio.

Lo scopo cui si mira in ogni sorta di muratura, e segnatamente in quella della prima classe, è di costruire co' singoli pezzi riuniti, una massa avente la solidità stessa, che se d' un sol pezzo fosse formata.

Gli antichi nello edificare i loro monumenti facevan uso di pezzi delle maggiori dimensioni. Nelle rovine di Persepoli si mirano pietre lunghe (16.^{m} 89) 52 piedi, profonde (1.^{m} 95) 6 piedi ed altrettanto larghe. Questi massi compongono il volume di (64.^{m} 21) 1872 piedi cubici, e debbono pesare circa (195802. $^{chil.}$) 400 migliaia di libre. Nel gran tempio di Balbec, se ne vede di più considerevoli, e nella petriera donde furon cavati, ci ha un masso lungo 22.^{m} 41) 69 piedi, largo (4.^{m} 16) 12 piedi e 10 pollici, e profondo (4.^{m} 30) 13 piedi e 3 pollici. La sua cubatura va oltre i (342.^{m} 77) circa 10000 piedi ed il peso è forza sia di circa (979010.$^{chilog.}$) due milioni di libre.

Ad ogni benchè animoso costruttore deve recare spavento il pensare ai mezzi ch' era mestieri impiegare per muovere e trasportare di tali masse.

Gli antichi ponevano cura grandissima, perchè le facce combacianti fossero tirate con precisione; per la qual cosa le giunture formate dagli spigoli visibili di quelle superficie, erano quasi che impercettibili. Una tanta perfezione nel collocamento delle pietre, ha fatto pensare che a conseguirla, si valessero gli antichi dell' attrito degli stessi pezzi, cui facevan muovere circolarmente gli uni su degli altri.

Allorquando i rocchi non avevano quelle grandi dimensioni che ne garantivano la stabilità, gli antichi facevan uso di ramponi di ferro, e talvolta di bronzo per collegare i pezzi e formarne una sola massa.

I muri del tempio della Concordia a Girgenti, porgono esempi di cosiffatto modo di costruire. I filari, formati di pietre di dimensioni uguali in tutt' i sensi e tagliate in tutte le facce con la maggiore diligenza, sono legati mediante ramponi di rame (1). È tale la perfezione nell' esecuzione di questa muratura che, sebbene in tempi di molto posteriori a quelli della sua edificazione, si sieno praticate delle arcate ne' muri laterali, con garbeggiarne i sesti senza curarsi della disposizione dei filari che per questa operazione sono rimasti interrotti; ciò non pertanto le pietre si reggono, ad onta che alcuni piedritti sieno stati abbattuti, e con istupore si osserva che tale demolizione veruna disgiunzione ha cagionata nella parte superiore del muro. La lunga durata e la conservazione di questo monumento, sono manifestamente da ascriversi alla singolar diligenza usata nella sua costruzione.

La disposizione delle pietre negli antichi monumenti non è sempre così semplice come quella del tempio di Girgenti. I Greci spezialmente usavano diverse combinazioni nella dispositura delle pietre, ciascuna delle quali aveva un nome particolare.

Chiamavano διατονοι (*diatonoi*) una disposizione di pietre aventi la lunghezza doppia della larghezza, e che alternatamente presentavano alla superficie del muro, or la faccia quadra or la bislunga; ella è quella che presso di noi ha nome, (carreaux et boutisses).

Se tutt' i filari eran di uguale altezza, allora la muratura era delle specie detta ισοδομον (*isodomon*); quando la faccia lunga era in paramento, due pietre accoppiate costituivano la grossezza del muro; nel caso opposto una di esse bastava: ed allora questo pezzo formava ciò che da noi dicesi *lega* (parpaing). Si trovano molti esempi di questo genere di costruzione negli antichi monumenti di Roma (2).

---

(1) Il Rondelet, recatosi di persona a studiare la struttura di codesto monumento, afferma che le pietre non sono, nè da calcina, nè da ramponi di ferro o di bronzo, nè da chiavi di legno collegati, e che sono disposte nella guisa detta dai Greci *isodomon* — (*Arte di fabbricare per Rondelet. Tomo 2. parte I. Cap. 1. pag. 3. annotazioni*, *traduzione italiane per cura di Basilio Soresina.*) T.

(2) La voce *diatonoi* non additava presso i Greci una peculiare struttura murale, ma sibbene era il nome che prendeva una pietra allorchè, mostrando la testa in paramento, occupava col suo fianco tutta la grossezza del muro, e che nella struttura detta da loro *emplecton* serviva a legare i paramenti con l' imbottitura.

Quanto alla struttura *isodomon* così il Cavalieri: « nella disposizione *isodoma* i conci, essendo tutti perfettamente uguali, formano de' corsi tutti della stessa altezza, ed ove la direzione di qualunque commessura verticale di due pietre d' uno stesso corso, divide per metà una pietra dell' adiacente corso superiore o inferiore. Cotesta semplicissima e regolarissima disposizione è per altro confacente al solo caso in cui le pietre abbiano una larghezza perfettamente uguale alla grossezza del muro, onde questo possa essere composto d' un solo ordine verticale, o come dicesi praticamente, d' una sola testa di conci » vol. 2. pag. 33.

Non diversamente si esprime il Rondelet allorchè dice: « l' *isodomo* ha tutt' i filari di pari altezza, ogni pietra è ugualmente lunga e forma la grossezza del muro » Lib. 2. capo I. E Vitruvio dice: *isodoma* è quella maniera in cui tutt' i corsi sono fabbricati di uguale gros-

Alcune fiate i corsi non erano tutti di uguale altezza; ma in tal caso quelli di minore altezza erano regolarmente interposti fra quei di altezza maggiore. Le dimensioni de' piccoli conci in lunghezza ed in larghezza, erano $\frac{2}{3}$ parti di quelle dei grandi, e per comporre la grossezza del muro, di questi ne bisognavano due, e dei primi tre. Questa combinazione di pietre costituiva il πσευδισοδομον (pseudisodomon) dei Greci.

Alloraquando li due diversi apparecchi ora descritti non componevano intera la grossezza del muro, e che soltanto i paramenti erano costrutti in pietra da taglio, la riempitura dell' intervallo facevasi di minuta muratura di pietrame. Questa struttura era l' εμπλεχτον (emplecton) dei Greci.

Vi era inoltre un' altra combinazione d' apparecchio antico, dai Latini denominato *opus incertum*, il quale si componeva di pezzi di figura irregolare. Questa specie di costruzione, di cui si veggono molti esempi negli antichi monumenti, era precipuamente usitata per le mura che cingevano le città. Si faceva uso in questa muratura o di massi di grandi dimensioni o di piccole pietre; la vera *opus incertum* de' Romani si costruiva con la seconda specie di pietre, ed appartiene alla seconda classe di murature.

Queste particolarità sulla struttura degli antichi monumenti, dimostrano quanta diligenza si usava per la bellezza e per la solidità della muratura d'apparecchio. Noi li imitiamo nella costruzione de' nostri ponti, e di taluni nostri pubblici monumenti; ma in generale questi esempi possono dirsi perduti per le costruzioni ordinarie: l' ignoranza della più parte de' particolari che fanno edificare, la cupidigia degl' intraprenditori, e la incuria d' una parte degli architetti, lasciano regnare in Parigi e nel maggior numero de' dipartimenti un metodo di collocar le pietre da taglio ignoto agli antichi, speditivo bensì ed economico, ma essenzialmente vizioso: il metodo cioè di *posare sopra zeppe*.

Da metodo siffatto vogliono in gran parte ripetersi i cedimenti ed i movimenti, che han posto in forse la solidità di uno de' più celebri monumenti di questa capitale; egli è generalmente notorio che l' uso delle biette, e lo avere scarniti i letti delle pietre formanti i piloni del Pantheon francese, affin d'aver commettiture orizzontali bene unite ed a spigoli vivi, hanno causata la rovina de'piloni, i quali è ora mestieri riedificare.

Questo metodo di ponitura è stato da gran pezza bandito dai lavori di Ponti e Strade e di fortificazione; e nelle opere a questi corpi d' ingegneri affidati, la maniera di collocar le pietre, si è molto ravvicinata a quella degli antichi.

---

sezza. (L' *archirettura di Vitruvio*, *traduzione del Viviani: lib. 2. cap. 8. pag. 44*). E per grossezza vuolsi qui intendere l'altezza. Dalla quale ultima definizione emerge come la sola uguaglianza di altezza de' filari era il carattere distintivo della struttura *isodoma*, indipendentemente dalla disposizione de' conci rispetto alla grossezza del muro. Così del pari un muramento in cui i filari non eran di pari altezza, prescindendo dal modo in cui i conci venivano a costituire la grossezza del muro, dicevasi *pseudisodomo*. T.

Ciò che muove gli operai a *posare sopra zeppe* è, che un cotal metodo procaccia loro una ponitura pronta ed agevole, ed esige pochi ritagli e pochi agguagliamenti dopo la ponitura. Ed in vero, si può, mercè di biette più o meno alte, situare una pietra, a malgrado de' difetti d'apparecchio delle facce, in modo, che il suo frontale formi col paramento del muro che si erige un solo piano, e che la sua faccia superiore si trovi nel piano generale dell'altezza del filaro. A maggiormente agevolare la ponitura si scarniscono inoltre le facce sottoposte.

Così situata una pietra, e sostenuta da quattro zeppe, ne risulta un vano nelle commettiture orizzontali sovente alto circa (0.^{m}027), il quale si riempie di gesso, ovvero di liquido smalto. Ad agevolarne l'introduzione, si fa uso di stecche di ferro, e si turano le aperture delle commessure con istoppe, o con filacciche, le quali si tolgono quando le malte han preso corpo.

Da metodo siffatto risulta, che il volume della malta scemandosi nella essiccazione, viene il peso d'una parte dell'edifizio ad essere sostenuto dalle zeppe; lo che cagiona de' posa in fallo, e sovente la rottura delle pietre nel mezzo della lunghezza loro; ovvero, ch'è più grave ancora, per la pressione si schiantano le pietre parallelamente alle fronti del muro. Questo suole intervenire alloraquando per avere in apparenza strette commessure, siccome erasi praticato ne' piloni del Panthéon, si cominciano a scarnire i letti delle pietre alla distanza di (0,^{m}27, o 0,^{m}54) uno o due pollici dal ciglio frontale.

Si potrebbe per vero dire attenuare una parte degli sconci a cotal metodo inerenti, con adoprare, in luogo delle biette di legno, delle lamiere di piombo; il quale metallo, essendo compressibile, permette un rassetto uniforme a misura che le malte si costipano; per lo che l'effetto della gravità, si viene a distribuire sopra intera la superficie de' letti delle pietre. A malgrado però di questa precauzione, la quale aumenta la spesa di costruzione, questo metodo di ponitura non ha da essere usato ne' grandi lavori, e massime nelle costruzioni idrauliche. E' può essere adottato senza inconveniente soltanto nella costruzione delle volte delle cupole, nel qual caso offre de'vantaggi, attesa la difficoltà degli agguagliamenti.

Il metodo che vuolsi sostituire a quello mediante zeppe, di cui si sono pur ora mostrati gli sconci, è quello che dicesi *ponitura a bagno di malta.*

Innanzi di esporre cotal metodo è mestieri ragionare alcun poco dell'apparecchio (1).

In que' grandi lavori, in dove la considerevole spessezza de' muri di rado permette alle pietre di fare (parpaing) *lega*, si adopra una maniera di struttura,

(1) Le pietre da taglio, ridotte dopo il taglio ed il lavoro alla figura parallellepipeda o cuneiforme, prendono il nome di *pietra squadrata*, o semplicemente di *conci*. Un ordine orizzontale de' medesimi, quando fa parte d'un muro, dicesi *corso* o *filaro*. Il concio che mostra in paramento la maggiore dimensione orizzontale ovvero il fianco, dicesi posto in grossezza, e quello che mostra la minore ovvero la testa, dicesi *posto in chiave*. In questo secondo caso, se il concio abbraccia tutta la grossezza del muro, si chiama *lega*, *chiave*, *catena*. T.

che si assomiglia all' emplecton de' Greci, ed è quella che, siccome si disse, è chiamata apparecchio in (*carreaux et boutisses*) *in grossezza ed in chiave.* Per cotale disposizione la muratura in pietre da taglio de' paramenti, stabilmente si collega con l' imbottitura cementizia interna.

Si dicono *carreaux* quelle fra le pietre di cui la più lunga dimensione è posta in paramento; al contrario le *boutisses* sono quelle che hanno in paramento la minore delle due dimensioni orizzontali, delle quali la maggiore appellasi coda della pietra. Codeste due sorte di pietre si alternano l' una dappresso dell' altra e formano una disuguale grossezza di apparecchio. Con dividere la superficie intera del letto superiore od inferiore del filaro d' un muro retto, per la sua lunghezza, si ha la così detta grossezza compensata *appareil réduit.*

Comechè le dimensioni delle pietre dipendano precipuamente dalla natura delle cave di cui è dato disporre, e dalla grandezza dell' edifizio; ci ha da essere non per tanto un certo rapporto fra le dimensioni dei *carreaux* e delle *boutisses*, onde conciliare quanto è possibile i vantaggi della maggiore stabilità e del *maximum* di resistenza delle pietre; sul quale *maximum*, a superficie uguali, singolarmente influisce la figura delle superficie medesime.

L' esperienza insegna che, ove trattisi di pietra di mezzana durezza, s' ha a dare ai *carreaux* lunghezza tripla incirca della loro altezza, e larghezza dupla dell' altezza medesima. Le *boutisses* possono ad un dipresso avere le stesse dimensioni.

Laddove si adopri pietra molto dura, e che comporti più d' un piede di altezza d' apparecchio, si può concedere una lunghezza nei *carreaux* perfino quintupla dell' altezza, ed una larghezza dupla o tripla dell' altezza medesima.

L' economia non soffre che tutte le pietre si riducano esattamente alle dimensioni prescritte, e che queste sieno uguali per tutt'i conci: nella pratica basta avvicinarsi a quella regola.

Quale che si sia la specie di pietra che si adopera, voglionsi evitare i conci la cui lunghèzza oltrepassi il sestuplo dell' altezza d' apparecchio. Lice di allontanarsi da questa regola soltanto quando si tratti di pietre che coronano una grand' opera, e che sieno situate in chiave. Le lunghe pietre con buon successo impiegate sui lati inclicati del frontone del Louvre, e sui parapetti del ponte di Neully, ne autorizzano l' uso; ma in questo caso fa duopo che i letti delle pietre sieno con accuratezza lavorati, affin di evitare dei posa-in-fallo che potriano cagionare la frattura di queste.

Prima di collocare una pietra col metodo detto a *bagno di malta*, si spiana il letto superiore, sul quale debbe la pietra giacere, e se ne rettifica il livello giusta il piano del filaro; si pone in prova il concio, e si osserva mediante il piombo, la squadra e l' archipendolo, se le facce sono in perfetto squadro col paramento, ove si tratti di muro verticale, o se sono secondo l' angolo di declivio, laddove il muro sia a scarpa; si verifica se i letti sono lavorati a dovere, se gli spigoli verticali o inclinati formano dei piani retti: in una parola, non si procede alla vera collocazione del concio sul letto di malta che debbe accoglierlo, se

non dopo essersi accertato, che la pietra è tagliata in modo da ottenere un'esatto soprapponimento.

Se per conseguire un esatto soprapponimento si richiedesse il sacrifizio del lavorio del paramento; vale a dire, se per lo perfetto combaciamento della faccia sottoposta, e delle laterali, fosse mestieri di far risaltare la pietra dal vivo del muro, punto non si dovrebbe esitare a farlo. Si segna in tal caso sulla faccia superiore della pietra una linea che passi pel piano del vivo del muro; ed ella denoterà la posizione del nuovo paramento della pietra, il quale va lavorato in opera, e dopo la ponitura.

Ciò fatto si ritrae il concio provato, e dopo avere spazzata e bagnata la sommità del corso sottoposto, vi si stende uniformemente uno strato di malta di fino cocciopisto circa 8 linee alto, e si ricovre del pari d'un eguale strato di malta la faccia verticale della pietra contigua; allora l'operaio pone il concio a giacere sul letto di malta, e mediante la morsa da muratore gli fa occupare il suo vero sito, lo stringe contra la pietra attigua, e dopo avere nuovamente verificato la sua positura con la riga, con lo squadro e col livello, lo percote con un maglio di legno infino a che la malta soperchia non sia escita rifluendo per le commettiture, sotto lo sforzo della pressione.

Egli è palese che un corso di conci in sì fatta guisa collocati, non avendo fra i conventi delle sue pietre alcun vacuo, e riposando su d'un letto di malta di uguale altezza, e quindi ugualmente compressibile, è forza acquisti nel prosieguo una inalterabile stabilità, così per lo giacimento delle pietre, come per la forza di adesione della malta che congiunge fra loro i diversi filari; la quale, giusta le precitate sperienze, è più che decupla del peso delle pietre.

Ad imitazione degli antichi, alcuni odierni costruttori han cercato di avvantaggiare la solidità delle masse, risultante dalla ponitura a bagno di malta, mediante una interna concatenazione procacciata da incavi e da risalti praticati nelle facce de' conci. Si è sovente fatta la prova di questo spediente, massime nelle marittime costruzioni, nelle quali le murature sono esposte al cozzo de' flutti, prima che le malte abbiano acquistato la solidità necessaria alla resistenza che hanno ad opporre; ma si è riconosciuto ch'esso non risponde alla vantaggiosa idea ch'erasene conceputa. È quasi impossibile ottenere dagli operai la precisione necessaria perchè i diversi piani cotanto moltiplicati combacino fra loro; rimangono de' vani, e le pietre, non essendo in contatto, non poggiano che sopra pochi punti. Infine, dall'uso di mezzi siffatti, conseguitano sempre, di tali vizi di costruzione, che, in luogo della stabilità della muratura, se ne ha per l'ordinario la rovina.

Per tali inconvenienti, si sono bandite codeste maniere di collegamento; alle quali vuolsi anteporre l'uso degli arpesi di ferro o di bronzo, che legano insieme tutte le pietre d'un corso: giova anzi meglio adoperare larghe chiavi di ferro *ancres*, le quali s'incastrano sul letto superiore d'un filaro per tutta la sua lunghezza. Sopra ciascun concio componente il corso, è praticato un foro verticale rispondente ad un altro simile, nella chiave preparato; e, mediante robusti perni, che trapassano l'una e gli altri, un filaro si può riguardare, siccome d'un

sol masso composto. Ad accrescere la solidità risultante da questo metodo, si prolungano talvolta i pertugi con traforare uno o due corsi sottoposti, ed il perno protratto, che li abbraccia, li congiugne sì fattamente insieme, che non si può una pietra rimuovere, senza che seco lei trascini più filari. Questo spediente ottimamente riesce nelle opere marittime, e nella costruzione di quelle destinate a sofferire di gagliarde spinte orizzontali.

L'impiombamento de' ramponi, delle chiavi e dei perni nelle pietre, si ottiene con del piombo. Questa è la maniera più solida; ma cagiona notabile dispendio: le si può sostituire lo zolfo, il ferro ossidato dall' aceto, od anco una malta di cocciopisto, la quale, ossidando il ferro delle caviglie, produce, dopo alquanto di tempo, un impiombamento di grande solidità.

Muratura di massi (libages).

Vi ha un'altra specie ancora di grossa muratura, la quale è duopo allogare nella prima classe, ed è la muratura di massi.

Codesti massi *libages* sono pietre da taglio di qualità mediocre, le quali si adoprano senza esser lavorate, ma soltanto abbozzate, siccome escono dalla cava; costituiscono quanto alla solidità una muratura simile a quella in pietre squadrate, e, del pari che queste, si pongono in opera a bagno di malta. Qui è necessaria abbondanza di malta, siccome mezzo di congiunzione, affinchè il compiuto rassetto dei massi, ottenuto per le percosse di pesante maglio, non la faccia rifluire, che dopo aver colmato le commettiture, ed i numerosi vacui esistenti in pietre rozzamente tagliate.

Si adopera con successo codesta maniera di muratura nella fondazione di grandi edifizi, soprattutto di ponti, ed in generale delle opere idrauliche.

SUNTO DELL' VIII.ª LEZIONE

Muratura di pietrame, ovvero minuta muratura: presso gli antichi, presso i moderni — Muratura di mattoni — Bitume.

Questa seconda classe di muratura abbraccia le costruzioni che si fanno con pietrame, con rottami di pietra, o con mattoni congiunti mediante la malta, o il gesso.

Muratura degli antichi.

Gli antichi, e massime i Greci, in questo genere di costruzione, siccome in quella d'apparecchio, hanno a noi lasciato modelli da imitare. Vitruvio si è internato nelle più minute particolarità sulle svariate maniere di murare appo i Greci ed i Romani: noi ci rechiamo ad esporre solamente le principali.

I Greci distinguevano in generale cinque sorte di muratura, le quali comprendono le due divisioni da noi adottate per la loro classazione. Le tre prime, che sono l'*Isodomon*, il *Pseudisodomon* e l'*Emplecton*, sono state descritte ed esaminate nella classe precedente alla quale esse appartengono; le due ultime specie, additate da Vitruvio co' nomi di *Opus incertum*, e di *Opus reticulatum*, che appartengono essenzialmente alla seconda classe, saranno l'obbietto delle nostre indagini; e compareremo i metodi di questa muratura ed i loro risultati presso gli antichi, con quelli della odierna muratura.

Nell'*opus incertum* degli antichi, da noi chiamata struttura dalle commessure incerte, i due paramenti del muro sono formati di pietrame greggio e d'irregolare figura, e di pezzi l'uno accosto dell'altro collocati, senza ordine o disposizione di filari, ma fra loro connessi per tutt'i lati. Questa maniera di murare risale alla più remota antichità, e fu in uso a Roma fino all'epoca dell'impero: di che fan fede le non poche vestigia di monumenti di quel tempo.

Lo spazio fra i paramenti dell'*opus incertum*, si riempiva di muratura di rottami a bagno di malta, ch'è una specie di bitume. L'imbottitura si versava dentro casse simili a quelle inservienti ai muri formacei; il quale spediente rendeva questa maniera di costruzione speditiva, e, per lo pestamento dello smalto, ella poteva acquistare grande solidità.

I canti dei muri in cotal modi costrutti, avevan mestieri di essere rinfiancati con porzioni di muratura d'apparecchio a corsi orizzontali, affin di rattenere le pietre dell'*opus incertum* tendenti per la loro positura a rotolare. In taluni edifizi le cantonate sono costruite in mattoni.

In biasimando il metodo dei Romani, i quali nella costruzione dell'*emplecton* de' Greci sopprimevano le pietre *diatonoi*, cioè poste in chiave, nota il Vitruvio un vizio di costruzione particolarmente imputabile all'*opus incertum*, ed eziandio all'*opus reticulatum*: egli è quello di formare nel senso della grossezza tre prismi di muratura di varia natura, e di dar quindi occasione a distacchi procedenti dai non uniformi rassetti di codeste diverse strutture.

La critica è fondata, ma è probabile che l'operazione del pigiamento ovviava a quello sconcio; imperocchè, niuna sconnessione si scorge nelle masse di tal maniera di struttura, della quale, ne' monumenti antichi e ben conservati, s'incontrano molti esempi.

Nell' *opus reticulatum* o *muratura reticulata* i paramenti essendo costruiti di piccoli quadrelli, offrivano all' esteriore l'apparenza d'una rete: d'onde cotal sorta di muratura si nomò. L'interno, siccome nell'*opus incertum*, s'imbottiva di materia cementizia, e si costruiva col medesimo metodo; e le cantonate avevan bisogno del pari di esser rafforzate mediante filari orizzontali di grosse pietre squadrate.

I quadrelli de' paramenti erano posti a scacchiere, e solevano avere (0,m 081) 3 pollici di lato sopra (0,m 135 a 0,m 162) 5 a 6 pollici di coda per formar lega con l' interna imbottitura.

Codesta muratura, che offre agli sguardi di bei paramenti, era molto usitata in Roma negli ultimi tempi della repubblica e durante l'impero, e sostitui l' *opus incertum* che allora cessò di essere in uso.

Le vaste e superbe rovine della *Villa Andriana* appresso Tivoli, appresentano quasi che tutte una struttura *reticolata* con singolar diligenza eseguita. Alcune parti di quella muratura eran rivestite di tavole di marmo. Nelle rovine delle Terme di Tito e di Diocleziano in Roma, si veggono i fori de' ramponi, o uncini mercè dei quali si affiggevano le lastre di marmo a codesti muri *reticolati* incrostati.

I Romani conobbero eziandio la muratura di pietrame a filari parallelli. Si vede appresso la torre *Metella* nei dintorni di Roma una rovina di antica fabbrica in cotal modo costruita. Questa regolarissima muratura è del genere della *isodoma* de' Greci, poichè tutt' i filari di pietrame sono di pari altezza: le pietre sono tutte lunghe (0,m 217) 8 pollici, larghe (0,m 217) 8 pollici e profonde (0,m 081) 3 pollici. La nostra odierna muratura in pietrame scalpellato è una imitazione di questa maniera di antica costruzione.

Di codeste differenti strutture de'Greci e de'Romani i moderni hanno solamente adottata quella a corsi parallelli, e specialmente il *pseudisomon* de'Greci; quella cioè in cui non si richiede che i filari sieno tutti fra loro uguali: tal' è l' ordinaria nostra muratura detta in Parigi (*limousinage*) di cui tantosto sarà discorso.

Muratura dei moderni.

La nostra prima specie di muratura è quella di *pietrame* scalpellato. Ella si adopera nella costruzione de' muri di rivestimento, come quei di terrapieni, ai quali si voglia conferire una tal quale apparenza di solidità e di decenza, e che non abbiano ad essere rivestiti d' intonaco.

Perchè questa muratura sia ben costrutta, si richiede, che le pietre costituenti la fronte, sieno a dovere squadrate e propriamente tagliate con lo scalpello, e che tutte le facce sieno in isquadro col paramento. Elleno van collocate a bagno di malta, ed alternatamente in fianco ed in chiave, affinchè le pietre de' paramenti si colleghino con l' interno del muro.

Ove siffatta muratura sian ben eseguita, riesce solidissima e di bell'effetto alla vista. Ed ove si aggiungano catene di pietre da taglio negli angoli, che la incornicino, e che vi rappresentino bozze e fasce, ella non sarà per disadornare una bella mole architettonica; chè anzi l' arricchirà d' una varietà d'apparecchio che alletta.

La seconda specie di muratura moderna in pietrame è il *limousinage*. Diversifica dalla precedente in questo solo, che le pietre, in luogo di essere squadrate, s' impiegano quasi grezze, e che non si ha l'obbligo di fare i filari ugualmente alti. Le basi delle pietre fa duopo non pertanto sieno bene spianate. Elleno hanno naturalmente questa qualità, allorchè derivano da cave calcaree, i cui strati sieno molto distinti. In caso contrario le basi si debbono abbozzare col martello.

Ad ottenere una buona muratura usuale è essenziale, che innanzi di stendere lo strato di malta, sul quale hanno a giacere le pietre, l'operaio spazzi e bagni la sommità del filaro sottoposto; fa duopo che tolga la terra, ed ogni altra materia di cui le pietre possono essere imbrattate; che le bagni, per prepararle ad una miglior lega con la malta; che le situi alternatamente in grossezza ed in chiave ed a bagno di malta, e che procacci loro una salda giacitura col martello, percuotendole infino a che non sieno al loro sito. È altresì necessario che introduca ne' vacui delle commettiture nascenti dalla irregolare figura delle pietre, e di già occupate dalla malta, delle scaglie di pietra, e che ve le conficchi col martello. È da ultimo indispensabile, che il muro s' innalzi dai due lati uniformemente, e per istrati, e che se ne spiani l' interno a livello dell' altezza delle pietre che sono in paramento.

Non sempre è dato disporre di pietrame regolare proveniente da banchi calcarei; talvolta non si hanno se non prodotti vulcanici di figura irregolare, e tal altra è forza adoperar ciottoli. Non sono però questi materiali meno adatti a produrre una ottima muratura; se non possedono come le pietre calcaree il vantaggio della naturale giacitura, hanno d' ordinario la proprietà di fare miglior lega con le malte; e, quando si abbia cura di ben colmarne i vuoti, e di collocarle a bagno di malta di buona qualità, elle compongono delle masse murali, che acquistano col tempo grande solidità.

La muratura in pietrame richiede in generale grande vigilanza per fare che sia convenientemente eseguita. Fa duopo non si perdan di vista gli operai incaricati del lavoro, e non tenerli mai a prezzo fermo, a causa delle magagne che sono le solite conseguenze di questo sistema, e ch' è facile occultare. Gli esempi numerosi degli spiacevoli effetti derivanti da una muratura male eseguita debbono tenere in guardia l' ingegnere, e destarne l'attenzione, essendo sempre egli tenuto del successo de' lavori a lui affidati.

In Parigi, dove il gesso è in copia e di buona qualità, la più parte delle murature usuali, in luogo di esser fatte con la malta, si costruiscono con gesso. Gli operai sovente abusando della sua proprietà di far subito presa, trasandano di apparecchiare le facce delle pietre innanzi di collocarle, e le situano tali quali si appresentan loro, senza una precauzione al mondo. L'intonaco di gesso

di che il muro va rivestito nasconde tutte codeste magagne; e, se altissime muraglie di 18 pollici di grossezza, e tutte sforacchiate per gran numero di vani, resistono agli sforzi de' solai e de' coperti da esso loro sostenuti, vuolsi ciò ripetere soltanto dalla forza di adesione del gesso; forza ch'è bensì di gran potere subito dopo l'impiego di esso, ma che col tempo scemandosi, rende poco durevoli gli edifizi così costrutti. Gli è raro che la durata oltrepassi il mezzo secolo, ed egli è mestieri farvi eziandio in questo intervallo di frequenti ristaurazioni.

L'effetto dell'enfiamento del gesso, è una delle cagioni della breve vita di quelle costruzioni in cui esso è adoperato; egli tende a sbiecare i muri, quando questi sono alle estremità loro ristretti da contigui edifizi; sicchè talvolta ne strapiombano, e perdono quindi la saldezza indispensabile alla loro stabilità.

Queste considerazioni sulle murature fatte con gesso, sono tali da farne impedire l'uso siccome malta, allorchè si tratti di costruire grandi edifizi, e pubblici monumenti.

Muratura di mattoni.

La muratura di mattoni è ottima per ogni genere di costruzioni; la sua prerogativa di essere, dal bitume in fuori, più che non qualsiasi altra muratura, impermeabile dall'acqua, la rende atta segnatamente alle idrauliche costruzioni.

L'esecuzione di questa specie di muratura, è di tutte la più agevole in grazia della regolarità de' prismi che la compongono. L'attenzione, che nell'operaio si richiede, si è di ben nettare il mattone, d'immergerlo nell'acqua innanzi di porlo sul letto di malta che l'ha ad accogliere, e di assodarne la giacitura comprimendolo con la mano sul suo strato di malta e col martello, o semplicemente col taglio della cazzuola. I concatenamenti, sendo i mattoni di uguali dimensioni, di leggieri si ottengono; le combinazioni di ponitura si diversificano a tenore della spessezza de' muri, e facendo di sorta che i mattoni del corso soprastante incrocino con quelli del sottoposto, che non siavi continuità fra le commessure verticali, nè fra le orizzontali, laddove non basti un mattone per la grossezza del muro.

Ci ha inoltre una maniera di muratura mista, le più volte composta di corsi di mattoni regolarmente alternati con filari di piccole pietre scalpellate, e talvolta di selci, le cui fronti sono la frattura prodotta da un colpo di martello, con che il selcio si percuote.

Si vedono molti antichi esempi di questa sorta di muratura; alcuni gotici monumenti ne offrono eziandio. Questo genere di muratura, la quale non offre niun che di particolare nella sua costruzione, è quasi abbandonato a cagione della più spesosa mano d'opera che richiede, senza profitto alcuno in quanto alla solidità.

Muratura di bitume; pavimenti.

Il bitume, ovvero smalto, di cui si tenne discorso all'articolo delle malte, infra le quali era mestieri allogarlo, può eziandio venir riguardato come una maniera

di muratura, quanto all' uso che se ne fa nelle idrauliche costruzioni. I modi di manipolarlo per comporlo, e di adoperarlo, sono stati indicati; nulla rimane ad aggiugnere alle particolarità esposte intorno a questa miscela.

I limiti ne' quali va racchiuso questo corso non permettono di particolarmente occuparsi de' pavimenti degli edifizi; i quali si costruivano dai Romani con una sorta di malta o bitume, quando non volevano valersi del marmo, cui codesta malta imitava, così per lo pulimento di cui era capace, come per la durezza. Questa usanza si è perpetuata in Italia, in dove costruisconsi pavimenti di marmo artefatto, base del quale è la malta di pozzolana frammista con frantumi di marmo, e che lustransi come lo stesso marmo. Cotali costruzioni, che si eseguiscono ne' piani terreni, e ne' solai de' piani superiori eziandio delle private abitazioni, sono comunissime negli stati Veneti ed in Roma, e sono da anteporsi ai pavimenti dei nostri appartamenti fatti di quadroni di terra cotta, ai quali per tutt' i rispetti gioverebbe sostituirli.

GIUNTE ALLE LEZIONI SETTIMA ED OTTAVA

Ciascuna delle svariate maniere di struttura murale, che nelle differenti contrade di questa parte d'Italia si costumano, trova le regole che a lei convengono nelle due precedenti lezioni. Diremo adunque in questa giunta soltanto de' pavimenti, siccome di quelli la cui materiale esecuzione è stata dall' A. per amor di brevità intralasciata.

Dei pavimenti antichi.

I pavimenti dei Romani erano nella parte visibile, or di lastre di pietra, or di quadrelli laterizi; i quali ultimi, o si ponevano in piano, o a coltello ed a spiga. E, potendo i pavimenti essere in piana terra, e ne'piani superiori, la diversità di struttura relativa a questa circostanza del sito, aveva luogo soltanto nel numero degli strati sottoposti, i quali eran due nel primo caso, e tre nel secondo, allorquando poggiavano su d'un solaio di legname. Chiamavano *statume* il primo strato cominciando dall'infimo, *rudo* il secondo e *nucleo* il terzo. Ma non gettavano questi, che prima non fossero sicuri della saldezza del fondo, allorchè erano in piana terra. Per il che, ove nol giudicavano sodo abbastanza, lo rendevan tale a forza di batterlo e di comprimerlo. Indi ne spianavano e conguagliavano la superficie, e la ponevano di perfetto livello, se il pavimento era al coverto. Ciò fatto lo *ruderavano*, cioè distendevano uno strato di smalto di tre parti di ruderi ed una di calce, se quelli eran vecchi; e se eran nuovi cinque di loro parti si mescolavano a due di calce. Indi battevano e comprimevano questo strato fino a che la sua altezza non si riduceva ad once nove, e vi addossavano il nucleo composto d'uno smalto di tre parti di laterizi pesti e di una di calce, e non meno alto di sei dita. Sopra di esso finalmente mettevano le lastre, o i quadrelli.

Che se poi il pavimento poggiava su d'un solaio, primieramente coprivano il tavolato con paglia o con felce secca, indi passavano alla *statuminazione*, cioè gettavano il primo strato consistente di ciotti grossi quanto la capacità della mano; il quale spianavano di livello, e quindi vi addossavano gli altri strati detti di sopra.

Quanto alle lastre ed ai quadrelli, le coste delle prime si tagliavano e spianavano con la maggiore esattezza, e quelle de' quadrelli si rotavano bene onde ottenere il perfetto loro vicendevole combaciamento. Così le une come gli altri si muravano con buona malta, si collocavano in livello perfetto e se ne spianava le superficie visibile a forza di fregarla. Nei pavimenti allo scoverto, ai quali si davano due dita di pendio per ogni dieci piedi, perchè il cemento delle commessure non avesse ad alterarsi pei geli invernali, si dava sulle medesime annualmente una mano di morchia. Ad oggetto poi di garentire i legnami dei solai dall'umidità feltrante per le commessure, si usava d'interporre fra il rudo ed il nucleo un letto di grossi quadri laterizi con le coste intagliate a linguetta e canaletto ed innestate fra loro con un mastice di calcina impastata con olio (*Vitruvio Lib. VII. Cap. I.*)

Battuti alla Veneziana.

Sul piano che bassi a lastricare, si forma un primo suolo di smalto, composto di una parte di buona calcina scelta, e di tre parti di tritume di laterizi. L'impasto si stende tutt'ad un tratto all'altezza di circa m. 0,10 in tutta l'estensione dell'area del pavimento, e si conguaglia accuratamente con un rastello a punte di ferro. Si lascia quindi in quiete per uno o due giorni, a seconda che la stagione va più o meno asciutta, e dopo questo breve riposo si dà mano alla battitura, la quale si eseguisce con una battitoia di ferro lunga e dritta, leggermente convessa al di sotto, la quale si ripiega in un gomito, per poter essere comodamente impugnata e maneggiata. Si batte facendo in modo che la battitoia cada sempre con forza uguale, e sempre parallelamente a se stessa da un capo al altro dell'area, su cui si opera; dopo di che si lascia lo smalto per un altro giorno in riposo. Passato questo si ripiglia la battitura come la prima volta, tenendo rivolta la battitoia normalmente alla direzione in cui fu da prima adoperata. Si v'en così ripetendo a riprese la pigiatura, una volta per lungo ed una volta per traverso, lasciando sempre trascorrere un giorno fra una volta ed un'altra,

finchè lo smalto abbia acquistato la debita consistenza; e di ciò si può esser sicuri quando si scorge che i colpi della battitoia non lasciano più veruna traccia sulla superficie battuta. Allora fatto passare un altro giorno di riposo, sul primo suolo battuto se ne distende un secondo, alto circa m. 0,04, e formato d'un impasto di calcina spenta, e di polvere di mattone, in quantità presso a poco uguali; e questo si conguaglia con cazzuole fatte a bella posta lunghe, strette, e di manico più rilevato che nelle cucchiaie comuni. Sulla superficie di questo secondo strato si spargono piccioli pezzi di lastre di marmo di vari colori, e quindi si fa scorrere un rullo, vale a dire un cilindro di pietra lungo m. 0,80 ed avente il diametro di m. 0,11, il quale comprime la materia e fa che vi penetrino i detti frammenti di marmo. Quindi si mette mano di bel nuovo alle battitoie, e si replica la pigiatura come già sul primo strato, avvertendo che le percosse sieno meno gagliarde, e che gl'intervalli di riposo fra una battitura ed un'altra sieno non di un solo giorno, ma di due: e tanto si replica finchè i pezzetti di marmo sieno perfettamente internati nello smalto, e coperti da quel poltiglio più fino, che corre alla superficie. Ridotte le cose a questo punto si lascia stare il battuto senza toccarlo per dieci o dodici giorni, passati i quali è tempo d'intraprendere l'operazioni tendenti a lisciarne la superficie. Queste si eseguiscono con orsi di pietra arenaria a lungo manico inclinato, che si fanno scorrere sulla superficie del battuto, spargendovi intanto della polvere di pietra pomice. Da principio si adopera un orso di arenaria ruvida, e quindi mano a mano subentra l'uso d'orsi più fini. A togliere poi qualunque irregolarità di piccioli solchi e cavità, che potessero rimanere alla superficie del battuto, vi si versa una colla finissima composta di calcina spenta e di qualche terra colorata, sulla quale si fa passare un orso di pietra tenera, e ben levigata. Per ultimo si lustra il battuto con una cazzuola forbitissima, ed alquanto convessa nella parte di sotto; e quindi si spalma la superficie con due o tre mani d'olio di lino ben caldo, il quale ne accresce la bellezza e la consistenza. L'arte di costruire i battuti è stata raffinata a segno, che se ne dipinge la superficie con vaghi scompartimenti a vari colori, con meandri, ed altre maniere d'ornamenti della più squisita eleganza, e non disdicevoli a qualsivoglia magnifica abitazione. (*Cavalieri Vol. II. pag. 177.*)

Battuti alla Napolitana.

Questi pavimenti prendono presso i pratici la generale denominazione di *lastrici*, distinguendoli per altro in *lastrici a cielo*, ovvero terrazze, ed in *lastrici intersuoli*, secondochè sono allo scoverto o nello interno delle abitazioni. Ecco il modo di costruirli.

Ricoperta con paglia, ed in difetto di questa con felce secca l'orditura del solaio sul quale il pavimento deesi costruire, ed *incalcinate le chiancole o i solarini*, siccome dicesi, con un sottile strato di malta che si spande ugualmente per tutta l'ampiezza del pavimento, vi si distende sopra un suolo di ruderi, ovvero demoliture (*calcinacci*, o *riccio*) dell'altezza di 4 a 6 once, il quale si spiana e si pone di livello se il lastrico è intersuolo e s'è lastrico a cielo se ne regola opportunamente l'inclinazione per lo scolo delle acque. Dopo di che, innaffiate alquanto le demoliture, si gitta infine l'ultimo strato consistente in uno smalto composto di calcina diluita e di lapillo ben scevrato da ogni materia terrosa, e si spiana e si agguaglia dando alla sua superficie la figura che le conviene mediante una cordina, o con un lungo regolo di legno. Ciò fatto s'incomincia la battitura con apposite battitoie (*mazzocche*); e, curando di sovente aspergere la superficie con latte di calce, si batte uniformemente per lungo e per largo per più giorni, insino a che il pavimento non sia ridotto a perfezione. L'esperienza insegna che per una canna superficiale si richiedono quattro giornate almeno di battitura di un manovale. Pervenuto a questo punto di condensazione, l'ultimo strato si trova ridotto ai due terzi dell'altezza primitiva. Da alcuni in certi casi si usa frapporre ai ruderi ed al lapillo uno strato di malta e frammenti di tufo; la qual pratica è commendevole sempre che la solidità del solaio consente questo aumento di gravame.

Vi sono due specie di lapillo: il bianco ed il nero. Il secondo fa miglior prova del primo allo scoverto, per la qual cosa l'ultimo strato delle terrazze si suole suddividere in due: il primo di lapillo bianco alto sei once, ed il secondo di lapillo nero alto tre once; la quale altezza

unita di once nove, riducesi a sei, dappoi che la pigiatura è finita. Nei lastrici intersuoli l'ultimo strato di lapillo nero si sopprime.

Allorchè si pone termine alla battitura si ricoprono i pavimenti con paglia o felce secca e con sabbia, e non si discoprono se non dopo un'anno; avvertendo di discoprirli in questo tempo qualche volta per poche ore, sia per dar loro un po' di sole, sia per innaffiarli, secondochè le stagioni corrano soverchiamente piovose, o troppo asciutte.

SUNTO DELLA IX.ª LEZIONE.

Del legname considerato siccome mezzo di costruzione.

Il legname si adopera nella costruzione degli edifizi, o come parte integrante di essi, o come semplice mezzo di esecuzione.

Come parte integrante serve a stabilire le fondamenta in un suolo che non offre sufficiente resistenza, alla formazione di armadure per solai e per coperti; si adopera alla costruzione di scale, ed alla minuterìa di ornamento nell' interno degli edifizi. Se ne fa del pari uso nella costruzione di ponti di legname, e di palizzate; serve infine a gran numero di opere, nella esecuzione delle quali tien luogo di muratura le quante volte, vuoi per motivi di risparmio nella spesa, vuoi per desìo di sollecito godimento, si risolva di adoperare il legname.

Quale mezzo di esecuzione si adopera il legname alla formazione di palchi, di centinature, di ponti di servizio, di ture; ed è di uso non meno indispensabile che frequente nell' arte edificatoria (1).

Per l' economia del legname, che di giorno in giorno addiviene più rado, fa di mestieri:

1.° Che le armature in generale sieno costruite con legname sano;

2.° Che i pezzi sien disposti nel modo più profittevole;

3.° Che infine le loro dimensioni sieno calcolate dipendentemente dagli ufizi di resistenza cui sono destinati.

Passiamo ad occuparci del legname in rispetto a queste tre importanti considerazioni.

Infra le diverse specie di legni atti alla costruzione degli edifizi, si distingue la quercia siccome quella, che riunisce al più alto grado tutte le qualità necessarie alla durata ed alla solidità. Anco l' abete si adopera con vantaggio in taluni casi; e con l' olmo, e col faggio si supplisce talvolta alla quercia.

I botanici distinguono nella specie delle querce gran novero di varietà; ma basterà al nostro scopo di esaminare la prima delle due principali varietà, sendo quella cui si appartiene il legname di quercia più adatto alle costruzioni.

Questa prima varietà è quella che produce le ghiande da' lunghi pedicciuoli.

Si suddivide in due: dalla prima si ha la più bella qualità di legno. Ella abbraccia le querce dalle grosse ghiande, solinghe, o tutto al più in coppie; grande n'è la foglia; il legno d' un bianco gialliccio, è tenace, sodo, docile al taglio e di scorza liscia, e bigiccia.

Questa classe vegeta ne' buoni terreni, in cui lo strato di terra vegetale sia alquanto profondo.

---

(1) Il legname confacente ai grossi lavori, come sono i ponti, le armadure di tetti e di solai, i castelli delle grandi macchine e simili, dicesi *legname da costruzione*, o *da fabbrica*; e quello atto solamente ai piccoli lavori di macchine, di arredi per fabbricare, di utensili, può chiamarsi *legname da minuti lavori*, o *da minuteria* (*Cavalieri Vol. I.* a pag. 77) T.

La seconda suddivisione produce piccole ghiande riunite a ciocche di 3, 4, o 5 insieme. La foglia è piccola, più scuro il color del legno e della scorza; questa è men liscia, e mostra delle lacerazioni. L'aumento è lento. Questa subvarietà non si trova che in terre magre il cui suolo è pietroso.

Il legno della prima subvarietà, per lo colore, e per la tessitura delle fibre, s'assomiglia molto a quello del castagno; circostanza per cui talvolta, in alcune antiche armature, egli è preso per legno di castagno. Benissimo si conserva, ed in generale lo si antepone alle altre varietà e subvarietà, perchè provvisto di maggior quantità di materia legnosa, e di poco alburno, e perchè diritte e molto elastiche ne sono le fibre.

La seconda subvarietà, quella dalle ghiande piccine, produce legno di gravità specifica maggiore di quella della prima, più duro ma men diritto; le sue fibre sono sovente storte, quasi che sempre interrotte da nodi, cosa che lo rende poco lavorativo e soggetto a fendersi, quando è squadrato, o segato.

Tutte le altre varietà e subvarietà della quercia, somigliano più o meno alle due di cui abbiamo ora accennati i caratteri; il perchè basterà al nostro scopo di adottare per divisione generale quella stessa che i costruttori, d'accordo in questo coi botanici, hanno stabilita distinguendole in quercia bianca, o dalle grosse ghiande, meno pesante, meno dura, più lavorativa della quercia dalle piccole ghiande, che ha le qualità opposte.

Questa divisione mostra le differenti applicazioni, cui sono confacevoli codeste due classi di legno a seconda della loro qualità.

La prima si presterà con profitto per le grandi armadure di coperti e di solai, per la minuteria e per tutt'i lavori interni.

La seconda sarà utilmente adoperata alle fondazioni di edifizi, alla costruzione di ponti ed a tutte le opere esteriori, esposte alle intemperie delle stagioni.

Siffatte applicazioni, utili ed analoghe a queste due classi di legno, sono praticabili solamente ne' siti dov' elleno vegetano, nelle città marittime, o molto commercianti, e dove sono cantieri ben provisti. Chè sovente per motivi di località, egli è forza usare quella specie che il paese produce, comechè la natura delle opere richiedesse l'altra, la quale non si può ottenere senza troppo grave spesa.

Fa duopo che le definizioni delle parti principali d'un albero, e la sposizione delle qualità, e de' difetti de' legni, precedano la disamina delle quistioni relative alla loro resistenza, ed al loro uso.

Il *tronco* dell'albero è la parte essenzialmente atta alle costruzioni; si compone della scora, dell'alburno e di fibre legnose, l'insieme delle quali, costituisce il legno propriamente detto.

La *corteccia* si compone di più strati *corticali*: distinguonsi nella scorza il tessuto cellulare (liber), e l'*epidermide*.

Il *liber* è la parte interna della scorza, e trovasi in contatto coll'alburno.

L'*epidermide* è il generale involucro esteriore, che ricopre la scorza.

I naturalisti ravvisano nella corteccia una stupenda disposizione di organi essenziali alla vita de' vegetali; ma riguardata dall'aspetto che a noi interessa, è la scorza una sostanza molle, piena di screpolazioni, disadatta alle costruzioni

e di cui si ha cura di dispogliare i pezzi da costruzione. Cotal sostanza, anzichè aumentare la forza di resistenza de' legni, è loro di nocumento, affrettandone la corruzione alloraquando essi sono esposti alle intemperie dell'aere. Potrebbesi esser tentato a lasciarla ai pali da fondazione, perciocchè la loro situazione li garantisce dalla corruzione; ma la scorza avendo la superficie esterna scabra, si oppone al loro conficcamento, accrescendo l'attrito contra il terreno. Laonde per tutte le ragioni giova di strapparla dai legni da costruzione.

L' *alburno* è una corona di legno tenero, che non ha per anco acquistata la solidità, e la durezza necessarie per tramutarsi in nocchio legnoso, di cui e' farà parte in appresso. È del legno imperfetto situato sotto la scorza, ed in contatto col legno, al quale successivamente s'incorpora, con lo stesso immedesimandosi.

Giusta il metodo generale di taglio, importa alla durata del legname da costruzione di toglier via l'alburno. Questa regola è fondata su due ragioni, cioè: che questa parte di legno imperfetto è oltremodo tenera, e che si riscalda e decompone in brev'ora. Nell'alburno daltronde la crisalide depone le sue uova, origine de' vermi che trapanano l'alburno, ed attentano al legno. Si vedrà quì sotto, che giusta il novello metodo di taglio, si può cavar profitto dall'alburno, e fare disparire gl'inconvenienti di questa sostanza ora esposti.

Il legno propriamente detto, ovvero *cuore di legno*, è la parte degli anelli legnosi che costituiscono il legno perfetto, ricoprendosi concentricamente dall'alburno infino al centro dell'albero, dov'è riposto il midollo. Egli è formato dall'insieme delle fibre longitudinali, che con le circolari s'immagliano.

Il midollo non è patente nella quercia che nella giovinezza dell'albero; ei si dissecca all'invecchiar di questo, ed a pena se ne scorge vestigio in quelli, cui l'età e la grossezza rendono atti alle costruzioni.

La varietà delle terre, il clima e la esposizione, cagionano di sensibili differenze nel legname da costruzione, indipendenti dalla specie, e dalla varietà dell'albero che lo produce.

La quercia vegetante in un suolo umido, dà un legno che dicesi *grasso*; egli è leggiero, di fibre molli e meno capaci di resistenza, che non quelle d'una quercia cresciuta in terra franca, e poco umida. Quest'ultima specie è d'un bel provenire; piene, compatte ed elastiche ne sono le fibre, e si conserva lungo tempo.

Le quante volte l'albero, sotto un sottile strato di terra trovi un fondo pietroso, il legno che se ne produce è di buona qualità, ma la vegetazione è lenta.

Queste due ultime specie possono concepire una considerevole curvatura senza rompersi; mentre per lo contrario, il legname *grasso* si schianta e si spezza, tostochè l'eccesso del peso cui soggiace, comincia a piegarlo.

La quercia che vegeta nei paesi caldi, è in generale più dura e più elastica, che non quella che cresce nei freddi. L'esperienza addottrina, non essere gli estremi di codeste due temperature, favorevoli all'incremento della quercia. Nè nella zona torrida, nè nei climi frigidi, si rinviene questa specie di albero. La temperatura di 40 a 45 gradi è la più favorevole per la subvarietà più dura, ossia quella dalle ghiande piccine; il mezzo, e il settentrione della Francia e della Germania, producono la bella subvarietà dalle grosse ghiande.

La esposizione al settentrione ed al levante è favorevole per le terre aride e leggiere ; nelle terre forti , l' esposizione al mezzogiorno è quella in cui meglio vegeta la quercia. Quella a ponente è di tutte la meno favorevole , quale che si sia l' indole del suolo. E nel fatto ella è la più soggetta ai venti , ed alle piogge ; circostanze che cagionano agli alberi , accidenti e malattie, che alterano la qualità del legno.

La situazione della foresta , in quanto alla maggiore o minore elevatezza del suolo , arreca eziandio alcune modificazioni nella qualità del legno. Si osserva in quelle che coronano le cime de' monti , che le piante agitate dai venti , riescono generalmente bistorte e scontraffatte ; quelle a mezza distanza sono esenti dagli accidenti cui sono esposte quelle situate sulla vetta; daltronde , la terra vegetale vi è in maggior quantità e costantemente si vede , che nelle foreste così situate , crescono i più belli , i meglio tirati ed i più sani arbori.

Anco nel profondo delle vallate sono gli alberi d'un bel provenire , ma il legno n' è ordinariamente grasso.

La situazione della pianta nella foresta cagiona altresì qualche varietà nella qualità del legno. Quelle site ai lembi , non meno che quelle vegetanti isolate in aje vuote, vengono a maggior grossezza delle loro contemporanee site nel folto della selva ; ma sotto quella bella apparescenza , sogliono le prime produrre legno di mala qualità.

I vizi del legno sono distinti nell' arte edificatoria con le denominazioni di legni *diacciolì*, *nodosi*, *ritrosi*, *stravolti*, *a fili tagliati*, *cariati*, *tarlati* e di legni *in ritorno* da ultimo.

Il legno si dice *diacciolo* alloraquando nella sezione circolare del tronco si vedono delle fessure, che a guisa di raggi, vanno dal centro alla circonferenza. Ove le fenditure fossero molto numerose il legno si addimanderebbe *radiato* , o *stellato*, ch'è l' ultimo limite di cotal difetto capitale , del quale sono cagione le forti gelate , che fendono le piante sul loro piede, e ne disgiungono in quel modo le fibre legnose. I legni che ne sono attaccati non ponno servire agli usi architettonici e vanno però rigettati.

Il legno *nodoso* è quello proveniente da un albero sul cui tronco mettevan capo gran numero di branche. Questo legno non è atto nè alle costruzioni interne , nè alla minuterìa ; malagevole n' è il lavorio per la ineguaglità di durezza che presenta all' istrumento ; ma un legno nodoso , quando sia sano , può essere adoprato nelle costruzioni idrauliche, e nelle fondazioni di edifizi.

Il legno *ritroso* (rebours) è quello in cui l' ordine e la disposizione delle fibre longitudinali e trasversali è sconturbato , sicchè elleno hanno direzioni diverse per tutt' i sensi. Questo difetto ha dell' analogia col precedente , e l' uso de' legni che ne sono affetti , può essere lo stesso.

Il legno *stravolto* e volgarmente *cipolle* , di leggieri si riconosce per le fenditure concentriche che separano gli anelli annuali del legno , ed ai quali esse sono parallelle. Questo vizio , cagionato alle piante sul piede dai venti furiosi sofferti mentre erano in succo , si accresce quando l'albero tagliato si dissecca ; ed arriva talvolta al segno , che una corona lignea può con lieve sforzo venir di-

staccata dal nocchio dell' albero ch'è sano. A questo difetto va le più volte unito quello della corruzione, che n' è la conseguenza. Un pezzo che ne fosse affetto, in verun genere di opere potria essere impiegato.

Il legno a *fili tagliati* è quello le cui fibre sono disordinate ed alterate per la irregolare intrusione di nodi che le disgiungono. Nella segatura d' un legno così fatto si vengono, con singolare decremento della sua forza a troncare più fascetti di fibre. Un tal difetto, per cui questo legno va rifiutato dalle interne costruzioni, non però impedisce che lo si adopri nelle fondazioni, in dove la mano d' opera de' pezzi, non richiede che una semplice riquadratura.

Le denominazioni di *vergheggiati*, *riscaldati*, *fradici*, *cariati* e *tarlati* accennano i diversi gradi di corruzione del legno; esso è *tarlato* quando è danneggiato dai vermi. Allorchè la dissoluzione incomincia, si scorgono macchie bianchiccie, dagli operai chiamate *bianco di capone*. Il legno finalmente è *cariato* alloraquando la corruzione è giunta all' ultimo grado, e che, privo di consistenza, riducesi in polvere. Cotali difetti sono capitali, ed il legname che n'è attaccato, soprattutto all' ultimo grado, ha da essere rifiutato da ogni genere di costruzioni.

Il legno *in ritorno* è quello che, dopo lungo decadere, è alla fine morto sul piede. In questa circostanza l' alterazione del legno incomincia dal centro dell' albero; le sue fibre si disgiungono, ed egli ha assai meno di forza, che non quello abbattuto nel vigore dell' età. Questo difetto del legname è riconoscibile soltanto mentre l' albero è tuttora in piè: se ne scorge coronata la cima, le foglie delle branche inferiori spuntar precoci, ma cadere pria di autunno, la corteccia carica di musco, di lichene e di altre piante parassite. Cotali sono i caratteri che contrassegnano questo vizio. Il legno *in ritorno* non val nulla nelle costruzioni.

Essendo la durata, e la forza di resistenza del legname, importanti considerazioni nell' arte edificatoria, si è cercato di procacciargli al più alto grado queste due essenziali qualità, mercè di varj metodi di taglio, e di scorzamento.

Le antiche leggi limitano all' inverno la stagione opportuna allo atterramento delle piante; ciò non pertanto gli sperimenti del Duhamel, e i felici risultamenti avuti nella durata e nella forza de' legni da lui fatti abbattere ne' mesi di Giugno e di Luglio, tendono a provare, non essere l'està meno dell' inverno favorevole a questa operazione. Milita in favore di tale opinione, una osservazione di cotesto scienziato: ed ella è che in està il peso del legno è minore di circa un sesto di quel che sia in inverno; quale differenza egli ascrive ad una minore quantità di umido. A malgrado degli sperimenti del Duhamel, prevale tuttavia l' antico costume di abbattere solamente nell' inverno; ed egli è forza convenire che questo metodo ha almeno il vantaggio di arrecare alle foreste minor danno che se il taglio si facesse in estade.

Quanto all' epoca del taglio, più o meno propizia a tenore delle diverse fasi lunari, oggidì non si ripone più fede alla loro influenza su tal particolare, ed oramai è noto, che così bene si conserva la quercia abbattuta a luna nuova come quella recisa a luna scema.

Egli è essenziale per la conservazione del legname abbattuto in està di non lasciarlo lungo tempo nella sua corteccia. Bisogna squadrarlo subito dopo il taglio : l' esperienza ammaestra , essere il succo un umore inchinevole alla corruzione, ed essere però urgente di dare opera co' mezzi più opportuni alla essiccazione del legname , ed alla evaporazione de' succhi ; la scorzatura , e la squadratura accelerano questo effetto.

Vitruvio , ed alcuni altri autori hanno scritto , che si accresce la densità quindi la forza del legno con far morire sul piede una pianta , sia mutilandone la corteccia , sia infine incidendone profondamente il tronco dappresso la radicee

Duhamel , e Buffon hanno instituiti sperimenti , onde riconoscere i veri risultamenti che si ottengono da quei due metodi conosciuti e praticati dagli antichi.

I prefati fisici hanno riconosciuto, che con una profonda incisione circolare al piede dell' arbore , si cagiona la morte più sollecitamente assai , che non con lo strappare in parte, o nella totalità la corteccia; il qual metodo prolunga la vegetazione della pianta per circa un' anno. L' incisione arresta onninamente il corso de' succhi , mentre il decorticamento, solo in parte lo arresta, proseguendo quelli a circolare mediante l' alburno , cui essi singolarmente induriscono.

Questa osservazione debbe fare anteporre il metodo del decorticamento , già da gran tempo introdotto in Germania ed in Inghilterra , in dove si strappa la scorza sul piede agli alberi destinati al taglio : si lasciano così vegetare , o per dir meglio seccare sul piede fino al seguente inverno , ed allora si atterrano.

Giusta le sperienze di Buffon , delle querce di 70 anni, scorzate in primavera dalla cima infino al piede del fusto, non patirono alterazione sensibile di sorta per due mesi; alquanto tempo dappoi le foglie ingiallirono, e verso la fine di luglio, epoca in cui l' umore cessa di circolare , elle caddero. Un di questi alberi decorticati , essendo stato in quell' epoca abbattuto , aveva il legno di gran durezza , e l' alburno aveva acquistato densità uguale a quella del nocchio legnoso.

Nella seguente primavera la vegetazione delle altre querce di sperimento, precedette quella delle piante della foresta ; ma erano squallide , e perderono le foglie nel mese di agosto. Questi arbori furono abbattuti a misura che dispogliavansi , ed il loro legno , non meno che l' alburno, ch' erano durissimi , furono soggettati a prove comparative con legname reciso nel modo consueto , e consimile , così per età , come per grossezza , e per le altre qualità apparenti.

Codeste prove comparative sonosi fatte fra pezzi di uguali dimensioni , e ciascuno della cubatura di (o.^{m} 103) ovvero piedi cubici tre.

NUMERI de' pezzi.	DIMOSTRAZIONE DE' PEZZI DI SPERIMENTO.	PESO assoluto.	PRESSIONE patita innanzi di schiantarsi.
1.°	Pezzo di piedi cubici tre tagliato da un albero decorticato sul piede	242. libre	7940. libre
2.°	Pezzo di pari dimensioni proveniente da albero non iscorzato ed abbattuto nel modo ordinario.	234.	7320.
3.°	Pezzo — pari dimensioni — albero decorticato	249.	8262.
4.°	Pezzo — pari dimensioni — non decorticato.	236.	7383.
5.°	Pezzo — barricella d'alburno lunga 3 piedi e d'un pollice di riquadratura — albero scorzato.	once 1.7 $\frac{2}{3}$	287.
6.°	Pezzo — barricella di nocchio legnoso pari dimensioni — albero non decorticato.	1.9 $\frac{1}{3}$	256.

Da queste sperienze è forza inferire:

1.° Che il peso assoluto della querce scorzata eccede quello della non decorticata per circa $^6/_{100}$.

2.° Che la forza di resistenza della querce decorticata, è a quella della non decorticata nella ragione di 82 a 73.

3.° Che il peso dell'alburno della quercia scorzata, è un po' minore di quello del legno della querce non decorticata.

4.° Finalmente, che la forza di resistenza fra l'alburno decorticato, ed il legno non decorticato, è nella ragione di 28 a 25.

Questi risultamenti sono decisivamente favorevoli al metodo di scorzar le piante durante il succo, ed un anno prima di abbatterle.

L'investigare la migliore disposizione de' pezzi in un sistema d'armadura, sarebbe un esporre tutta l'arte delle costruzioni in legname, inverso della quale l'instruzione degli allievi è stata di già indirizzata; contenterommi di rammentare un principio generale, ed egli è di comporre, sempre che fia possibile, di figura triangolare i sistemi d'armadure. In questa gli angoli sono invariabili, quando le lunghezze de' lati non variano, mentre che nelle figure quadrangolari o poligone, gli angoli possono aprirsi o restringersi, senza che varî la lunghezza dei lati; il perchè alla prima si appartiene il *maximum* della solidità dipendente dalla general figura del sistema. Questo principio, fertile di conseguenze, è di continuo applicato nell'arte delle costruzioni in legname.

SUNTO DELLA X.ª LEZIONE.

Resistenza del legname — Del ferro: sperienze sulla forza di coesione di questo metallo.

La considerazione della forza di resistenza del legname secondo la varia positura in cui si trovano i pezzi nei sistemi di armatura, è una delle più essenziali fra quelle che risguardano l' arte delle costruzioni.

Egli gioverà di toccare la storia dell' andamento di questa scienza su tal particolare, e fa duopo ella preceda la sposizione delle più recenti sperienze, per le quali si desumono le dimensioni da darsi ai pezzi, onde conseguire la resistenza necessaria allo scopo cui si mira.

Galileo, che nel volgere del diciassettesimo secolo gittò le fondamenta della fisica moderna, è il primo che abbia applicato le leggi della Meccanica alla resistenza de' solidi in generale. Egli, riguardando i corpi solidi, siccome composti di fibre applicate parallellamente le une sulle altre, ha in prima indagato qual fosse l' espressione della forza con cui i corpi resistono all' azione d'una potenza che tenda a distenderne le fibre, stirandole nel senso della loro lunghezza: e trovò che la loro resistenza era proporzionale al numero delle fibre integranti. Considerando poscia i corpi, come soggiacenti all' azione di una forza perpendicolare alla loro lunghezza, agevolmente dimostrò, essere in tal novella situazione la resistenza, proporzionale alla somma delle fibre integranti, moltiplicata per un braccio di leva, ch' è sempre una certa porzione della dimensione verticale del solido nella sua sezione di rottura.

Cotali due principi, da cotanto illustre geometra stabiliti, sono le leggi che servon di base nella soluzione dei problemi, alla resistenza de' solidi relativi.

I più celebri scienziati e matematici, in cima ai quali va posto il Leibnizio, si sono dopo Galileo occupati di speciosissime indagini circa la resistenza dei solidi; e fra le loro scoperte non vuole omettersi quella del Mariotte, il quale verso la fine del penultimo secolo riconobbe, che de' prismi stabilmente fissi pei loro capi, eran capaci di sopportare innanzi di rompersi un peso doppio di quello che saria bastato a spezzarli, ove le estremità loro fossero state scapole.

Questa osservazione, fatta sopra lamine di vetro, la cui tessitura è diversa di quella del legno, pareva che non avesse a essere applicabile a questa seconda sostanza; pur tuttavolta l' accademico Parent, con ripetere nel 1707 e 1708 gli sperimenti del Mariotte, cercò di conoscere se la scoperta di questo scienziato, nella pratica utilissima, abbracciasse il legno. Ma, vuoi che gli sperimenti fatti sui prismi liberi e sugl' infissi, con barricelle di legno di troppo tenui dimensioni si praticassero; vuoi che mancassero i mezzi necessari alla precisione delle osservazioni, si trovò che in questo caso le resistenze non serbavano fedelmente la legge rinvenuta dal Mariotte.

A malgrado della incertezza di cotesti sperimenti, il Parent calcolò, a tenore de' loro risultamenti, ed adoprando la regola del Galileo sancita dal Leibnizio,

delle tavole indicanti la resistenza dei legni per de' pezzi da (1. ,m 95 infino a 11. ,m 69) sei fino a 36 piedi di lunghezza, sopra dieci a 18 pollici di riquadratura.

Nuove sperienze instituì il Bélidor nel 1729 sulla resistenza del legname, e considerando che i pezzi di legname impiegati nelle costruzioni sono quasi che sempre incastrati, o solidamente infissi, ne' muri o sopra i loro punti d'appoggio; stimò essere di urgente e generale utilità il determinare con più di precisione, che il Parent non aveva fatto, qual si fosse in cotali casi la legge della loro resistenza e della loro rottura.

Gli sperimenti del Bélidor hanno eziandio l'inconveniente di essere stati praticati sopra barricelle di troppo piccole dimensioni; pur tuttavolta dalla disamina dei risultamenti, conformi in molte circostanze a quelli avuti dalle sperienze del Parent, resta confermata mai sempre la legge del Galileo, che cioè, i pezzi resistono nella ragione diretta del lato orizzontale del piano di frattura, moltiplicato pel quadrato del lato verticale, ovvero parallello alla potenza, e nell'inversa della lunghezza de' pezzi.

Le sperienze di Bélidor dimostrano eziandio, che i pezzi incastrati hanno un terzo più di forza sopra quelli, che liberamente riposano sui loro appoggi. Quest' ultimo risultamento, quantunque uniforme a quello che può desumersi da taluni consimili sperimenti del Parent, è non per tanto un errore.

Egli è al Muscenbroeck che son dovuti i primi esatti resultati sulla resistenza, e sulla rottura de' pezzi incastrati. Le sperienze instituite a Leyde da codesto celebre fisico, e pubblicate nel 1729 stabiliscono, che in tale stato i pezzi sono capaci d'una resistenza dupla di quella de' pezzi semplicemente poggianti, e che la frattura avviene sempre nel mezzo della lunghezza del pezzo, e simultaneamente accosto ai punti d'appoggio, nei quali il pezzo è solidamente incastrato; i quali risultamenti sono uniformi alle prime prove del Mariotte, ed in perfetto accordo con la teoria dappoi stabilita da Eulero.

Avvegnachè gli ultimi saggi del Muscenbroeck ci abbiano fatto dare de' passi verso la verità, pure la particolar cura per lui posta nel trascerre in frai corpi soggettati a sperimento, quelli la cui tessitura ed organismo gli apparvero scevri da difetti, affin d'allontanare i casi accidentali che potevano alterare i risultamenti; è per avventura la cagione che rende questi meno utili in rispetto ai bisogni dell'arte delle costruzioni. Tanto è men perfetto il legname che vi si usa quanto maggiori ne sono le dimensioni; il perchè faceva di mestieri che si ricavasse da una serie di numerosi sperimenti operati in grande, quasi direi un modulo, il quale, determinato nella ipotesi di uno stato men perfetto di quello prescelto dall'Olandese fisico, potesse valere a calcolare nella pratica con più sicurtà la resistenza del legname.

Tal'era lo stato della scienza, e tali erano stati gli sforzi de' fisici, allorquando per un avventuroso concorso di circostanze Buffon riunì tutti quei mezzi per fare sperimenti in grande, che a coloro i quali lo precedettero nella stessa carriera, erano mancati.

Questo celebre ed illustre naturalista soggettò ad una forza di pressione portata fino alla rottura, dei pezzi di varia grossezza di (1,^{m} 95) 6 piedi sino a (9,^{m} 75) 30 piedi di lunghezza per (0,^{m} 21 a 0,^{m} 24) 8 a 9 pollici di riquadratura. Queste ultime sperienze sono la parte più interessante del suo lavoro. Ei distese delle tabelle, nelle quali mostrò il peso di ciascun pezzo, la carica cui soggiacque, e la saetta dell'arco di curvatura nell'istante in cui, vinto dal peso, il legno si rompeva.

Questo pregevole lavoro, che assicura per sempre al suo illustre autore diritti alla nostra gratitudine, è inserita nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze, anni 1740 e 1741; si trova eziandio nella collezione delle sue opere tom. VII edizione in-12 di Parigi — L'Enciclopedia, e più altre opere ne hanno sollecitamente fatto tesoro.

Ma in un sistema d'armadura, è essenziale che i pezzi serbino le primitive situazioni; e, siccome per una troppo notabile curvatura la figura del sistema si viene a cangiare, singolarmente importa alla solidità della costruzione, il determinare il rapporto delle saette di curvatura ai pesi che le cagionano: e ciò affin di schivare, nell'adoprare i legni, gli estremi limiti delle saette di curvatura, i quali sensibilmente alterano la pristina forma del sistema; e massime quei fra codesti limiti, che precedono immediatamente la frattura, e che soli sono stati dal Buffon contemplati.

A raggiugnere siffatto scopo, compimento direi quasi del lavoro di Buffon, gl'ingegneri di Ponti e Strade impiegati ai lavori marittimi del porto dell'Havre, sotto la direzione del fu Lamblardie, ingegnere di sommo merito, da prematura morte rapito alle scienze ed alle arti, impresero degli sperimenti in grande sulla resistenza assoluta negativa del legno; quando cioè, essendo questo in situazione verticale, sia gravato d'un peso, che parallellamente alle sue fibre lo comprima.

Aveva il Lamblardie escogitato a tal'uopo un grande apparecchio, capace di produrre una pressione di più che dugento migliaia di libre, per la quale si giungeva ad infrangere pezzi di (0,^{m} 21 a 0,^{m} 24) 8 a 9 pollici di riquadratura, ed i risultamenti delle sue prime sperienze dell'Havre, si ritrovano nelle Memorie manoscritte della Scuola dei Ponti e Strade.

Questi saggi furono continuati dall'ingegnere Girard, il quale e perfezionò l'apparecchio, e concepì la felice idea di indirizzarli per modo che menassero alla determinazione dell'elasticità assoluta dei solidi.

Codeste indagini, e gli speciosi risultamenti del suo lavoro, fanno parte della commendevolissima opera per questo ingegnere pubblicata col titolo di *Trattato analitico della resistenza dei solidi, e dei solidi di ugual resistenza*; opera che racchiude, sopra questa parte della scienza, la più compiuta teorica.

Il limite della resistenza assoluta negativa del legname, nel rispetto del suo impiego nelle costruzioni, non è già il peso capace d'infrangerlo, bensì quello sotto il quale comincia a cedere. Epperò il lavoro dell'ingegnere Girard ebbesi per iscopo la determinazione della pressione la quale, comprimendo dei solidi di date dimensioni parallellamente alla lunghezza loro, fosse capace di fargli piegare.

E' s'inchinerebbe a pensare, che un solido, le cui fibre sono esattamente fra loro parallelle, non avrebbe a piegarsi per l'azione d'una forza che agisca parallellamente alla lunghezza di esse fibre, suppostele omogenee; niuno motivo essendovi apparente, che avesse a cagionarne la inflessione, anzi in un senso che in un altro.

Pure non così interviene in un solido di legname soggettato a quella prova. Il difetto di perfetta omogeneità fra le fibre, la benchè menoma varietà nell'organismo delle medesime, cagionano una inflessione che le trascina nello stesso senso; e tutto il sistema, per virtù dall'aderenza laterale, obbedisce, cedendo alla carica, la cui risultante agisce parallellamente alla lunghezza del solido.

Del resto, sia pur qual si voglia il modo con che si cerca spiegare il fenomeno della inflessione de' legni ritti, verticalmente compressi, ella è questa una verità di fatto da non potersi rivocare in dubbio.

Gli sperimenti dell' ingegnere Girard sonosi versati sopra gran numero di pezzi, altri di legname da segare, altri di legname da travi. Egli ha formato delle tabelle molto estese nelle quali ha accennati i fenomeni che potevano interessare l'osservatore. Elleno mostrano la situazione della saetta, e la sua maggior lunghezza nelle giaciture verticale ed orizzontale del pezzo: vale a dire le quantità di resistenza negativa o positiva, che a codeste saette sono relative.

Alcune di queste tabelle appresentano l'elasticità assoluta de'legni prodotta dalla carica, ed insieme la teorica espressione del peso, dal quale, essendo il pezzo ritto gravato, avrebbe a cominciare ad inflettersi.

Il legno di quercia forma l'obbietto delle tre prime tabelle dell'opera dell'ingegnere Girard. La quarta abbraccia le sperienze fatte per determinare la resistenza relativa de' legni d'abete, e la loro elasticità assoluta.

Le tabelle 8 e 9 esibiscono l'elasticità assoluta d'un metro cubico d'abete e di quercia, desunta da gran numero di sperimenti. Da questo risultamento si ha il rapporto di 8161 a 1178, rapporto alquanto minore di quello di 47 a 63 trovato dal Perronet.

Egli è nell'opera dell'ingegnere Girard, la quale non è possibile di analizzare, che si rinvengono le considerazioni, così nuove, come interessanti circa la resistenza del legname, mediante le quali si possono calcolare le dimensioni di riquadratura per le resistenze assolute, ovvero, ciò che più cale alla solidità delle costruzioni, per le prime saette di curvatura, alle quali fia sempre mai prudenza il fermarsi.

A compiere la disamina de' materiali che entrano nelle costruzioni, rimane a ragionare del ferro.

Del ferro.

Questo metallo, che di tutti è il più duro ed il più elastico, è senza dubbio per moltissimi rispetti il più utile, e ad un tempo il più comune in tutte le parti del globo. La Francia e la Germania ne sono provviste a dovizia; ma non ci ha paese di Europa che ne somministri in così gran copia, e di così buona qua-

lità quanto la Svezia, sì per la natura eccellente delle sue miniere, come per le cure, che nel governo di esse si usano.

Uno de' principali caratteri del ferro si è di essere attraibile dalla calamita. La sua tessitura si compone di sottili filamenti fibrosi, e talvolta di minuti granelli. E' si cristallizza per raffreddamento in ottaedri sorgenti gli uni sugli altri. È atto alla trafila, ma assai poco al laminatoio.

I naturalisti distinguono più specie di ferro, ma io non m' internerò in particolarità estranee al mio assunto; bensì mi limiterò ad esaminare questo metallo in quanto alle qualità, che più o meno rendonlo atto alle architettoniche costruzioni.

Il calorico dilata il ferro e lo fonde alla temperatura di 160 gradi del pirometro di Weedgevood, corrispondenti a 9280 del termometro di Réaumur.

Il suo peso specifico è di 7600; ma questo varia a seconda della sua maggiore o minor purezza, e a seconda del suo stato di ferro fuso ossia ghisa, o di ferro da fucina.

Le qualità del ferro sono modificate, e talvolta annientate dalle diverse sostanze con cui si combina. Le modificazioni più importanti nel rispetto dell'architettura sono le seguenti.

Il ferro in pria scaldato, e poi raffreddato senza che sia battuto, addiviene acre e fragile.

Il ferro da fucina è flessibile e malleabile, cede alla lima ed al bulino ed è atto alla trafila. Spezzatolo a freddo, ove la tessitura appaia fibrosa, egli è di buona qualità.

Il ferro da fucina, quando sia compiutamente raffinato, fa duopo non contenga alcuna sostanza estranea; ma per quanta diligenza vi si ponga è rado che lo si ottenga puro: e' ritien sempre un po' d' ossigeno, e di carbonio.

Il ferro è combustibile; nel bruciare l' ossigeno vi si combina, lo priva delle altre sue qualità metalliche e ne forma ossidi di svariati colori dal nero fino al bianco, passando pel rosso, e pel giallo.

I diversi ferri fusi, e le varie sorte di ferro da fucina, e d' acciaio, hanno origine dalle differenti proporzioni di ossigeno e di carbonio che si trovano combinate col ferro. L' arte determina le proporzioni necessarie, onde il composto abbia le qualità di ghisa, di ferro, o d' acciaio che si vogliono conseguire.

La ghisa risulta dalla fusione del minerale; ed alla fucina, ella vien ridotta a ferro battuto o da fucina. Ivi il carbone nuovamente la dispoglia d' un' altra porzione d' ossigeno, ella prende una consistenza pastosa, e sotto ai colpi di maglio passa allo stato di ferro da fucina, ovvero raffinato.

L' acciaio si ottiene dalla specie di ghisa detta *ghisa bigia*, ch' è quella in cui più carbonio si racchiude. Mercè l' operazione del raffinamento, se novello carbonico vi si combina fino a circa 1/333 della massa, si ottiene l' acciaio detto *acciaio di Germania*, ovvero *acciaio naturale*.

Laddove questa operazione intervenga sopra barricelle di ferro involte in polvere di carbone, e rinchiuse in una cassa esposta ad intensissimo fuoco, il car-

bonio, privo così dell'ossigeno, non potendo bruciare, combinasi col ferro, il quale allora si cangia in quel che dicesi *acciaio di cementazione*.

Codeste due specie di acciaio, fuse mediante un'opportuno flusso, costituiscono quello che nomasi *acciaio fuso*.

Se si foggiano più lamine, di ferro le une, e di acciaio le altre, e che insieme si saldino, ne risulta una sostanza mista detta *étoffe*, in cui alla tenacità del ferro va congiunta la durezza e l'elasticità dell'acciaio.

Nelle arti la ghisa va distinta in quattro classi, ciascuna delle quali gode di particolari proprietà.

1.° *Ghisa bianca* è quella in cui si contiene poco carbonio. La sua frattura è d'un bianco argentino. Ella è durissima e fragile, e non può con buon successo impiegarsi in opere destinate a patire urti; ma è atta al raffinamento, e, più agevolmente che non le altre, si converte in ferro da fucina.

2.° *Ghisa bigia*. Ella riconosce lo stato suo, ed il color piombino della sua frattura da una dose maggiore di carbonio. Ella ha un po' di duttilità, la quale dalla piombaggine, ovvero carburo di ferro che contiene, le viene comunicata. Ha altresì della tenacità. Per cotali qualità ella si rende atta alla fabbricazione delle bocche da guerra. Dessa si presta meno al raffinamento che non la ghisa bianca.

3.° La *ghisa mista* serba il mezzo infra le due antecedenti. Se ne fa proietti d'artiglieria ed altri articoli destinati a sofferire una gagliarda resistenza, quali sono le gabbie cuneiformi adoprate nella costruzione de' ponti di ferro. Questa ghisa è la più adatta a ridursi in ferro da fucina.

4.° La *ghisa nera* da ultimo è quella in cui si contiene la dose maggiore di carbonio. La sua grana è fine nella frattura, e di color più fosco che non la bigia; ella è dolce, ma di poca resistenza suscettiva, ed in generale disadatta alle opere di getto.

Esaminando il ferro che da codeste varie specie di ghisa resulta, si può estimare la loro qualità. Ove quello sia dolce, tenace e malleabile, sì a freddo che a caldo, la ghisa d'onde esso proviene sarà di eccellente qualità; laddove per lo contrario, se il ferro è frangibile a freddo, non avrà la ghisa le qualità necessarie perchè possa con buon successo venire adoperata nelle opere di getto destinate alle grandi costruzioni.

Si distinguono del pari più sorte di ferro da fucina relativamente alle qualità sue.

1.° Il *ferro dolce* tiene il primo luogo, per le sue eccellenti qualità. Egli è malleabile così a caldo, come a freddo, lo che è dovuto alla sua grande tenacità. La sua frattura ne' grossi pezzi offre un color piombino, poco nerbo e molta grana. Spezzato in piccoli pezzi, appare per l'opposto tutto fibra. Egli è atto alle grandi opere di fucina, massime quando è ribattuto.

Questa operazione, per la quale singolarmente si migliora il ferro da fucina, consiste in questo, che in luogo di subito ridurre in verga il pezzo che si raffina, lo si parte in due nel mezzo, si raddoppia, con saldarlo in tutta l'ampiezza della congiunzione, e lo si serba siccome pezzo inserviente allo scopo cui si destina. Questa operazione, che sovente è forza fare ne' grandi lavori di co-

struzione, non sempre essendo nel commercio reperibili ferri idonei per la loro riquadratura alle costruzioni, cagiona talvolta un vizio che dicesi fodera (doublure), di cui tantosto sarà discorso, e derivante dal non aver la saldatura fatta lega in alcuni punti. A malgrado di questi inconvenienti, che possonsi con poco di cura schivare, s'avvantaggia il ferro, per cotale operazione, nel rispetto della tenacità.

2.° *Ferro frangibile a freddo*. Questa condizione di ferro si rompe agevolmente a freddo senza l'uopo dello scalpello (*tranche*), ed è duttile a caldo. Spezzatolo in grossi pezzi od in piccoli, egli è d'un bianco argentino, a piccole faccette e non offre punto di fili nervosi. Questo ferro è più duro, ma men tenace del ferro *dolce*, e si salda agevolmente.

3.° *Ferro frangibile a caldo*. Principal carattere di tal sorta di ferro gli è quello di non essere saldabile; nel resto ha molta analogia con la prima specie il *ferro dolce*; gli operai lo chiamavano impropriamente *ferro ramoso* (cuivreux); lo addimandano benanco ferro *rouvrain* (senza tiglio), nel qual nome egli è più generalmente conosciuto.

La mala qualità di codeste due sorte di ferro deriva in generale dalla miniera. Sono non pertanto, alcuna fiata, cotai vizî l'effetto, o del mal governo della medesima, o d'imperfetto raffinamento. Mercè di cure, e di procedimenti meglio adatti alla natura del minerale, si potrebbono questi difetti emendare.

Fra i difetti del ferro, derivanti da fabbricazione, si distinguono principalmente:

La *fodera*. Difetto di lega, ovvero lacuna nella saldatura d'un ferro mal ribattuto.

Le *sfaldature* (cendrures), sono materie estranee frammiste nel ferro. Questo vizio non nuoce alla solidità ma sfregia i lavori.

Le *sinuosità* (criques), ovvero fenditure trasversali, derivanti dall'effetto del maglietto.

Le *paglie*, ovvero piccole *fodere*, occupanti poco spazio, e superficiali.

Il *traverso* (travers) Difetto che si osserva nel senso della larghezza del ferro, ed è una interruzione di continuità nella sua tessitura.

Rimane ora ad esporre intorno al ferro i risultamenti delle sperienze fatte onde determinarne la tenacità, ovvero la resistenza, che con la coesione oppone ad una forza tendente a spezzarlo, stirandolo nel verso della sua lunghezza.

Muscenbroeck cercò di conoscere la forza di coesione dei metalli; ma egli avvisa, che la qualità ottima di quelli da lui soggettati alla prova, dovette influire sui risultamenti. Ed in fatto, si trova che una verga di ferro di Germania, il cui peso specifico era di 7,8076, e la grossezza di 0, 10 di pollici del Reno, stirata nel senso della lunghezza sua, richiese per rompersi una forza di 19,30 libre: lo che di gran lunga eccede il medio risultamento delle ulteriori sperienze.

Anche il Buffon fece indagini su questo particolare. Il risultato medio delle sue sperienze sul ferro da fucina è che un fil di ferro di (0,m 002) una linea di diametro sostiene, innanzi di spezzarsi, un peso di chil. (242,3) libre 495,4

Si sono alle fucine di Saint-Gervais ripetuti gli sperimenti di Buffon e di Muscenbroeck, mercè di apparecchio presso a poco simile a quello di che si avval-

sero i medesimi. Sonosi dessi instituiti sopra verghe di ferro colato e raffinato a Saint-Gervais, e sopra ferro da fucina proveniente dalle fabbriche d'armi di Tulle e di Saint-Etienne.

Da queste ultime sperienze emerge, che il ferro fuso ha una tenacità di gran lunga inferiore a quella del ferro da fucina: una verga del primo di (0,m 009) 4 linee di lato non ha comportato che chil. (808.67) 1650 libre, mentre che un altra di ferro raffinato, procedente dalla stessa fabbrica di Saint-Gervais, e di uguali dimensioni, ha sostenuto chil. (5671, 88) 11587 libre; il qual risultamento stabilisce una differenza notabilissima fra le forze di resistenza del ferro in questi due stati.

I risultati degli sperimenti di Saint-Gervais, per i ferri da fucina, sono uniformi a quei di Buffon. Una verghetta di ferro da fucina di Saint-Gervais di (0,m 002) una linea di lato ha sostenuto chil. (248, 4) 581 libre: nel precitato sperimento di Buffon sopra un filo di ferro tondo di (0,m 002) una linea di diametro, avendo questo sostenuto chil. (242, 30) 495 libre, si ha un rapporto di resistenza presso a poco di egualità.

Fra le sperienze di Saint-Gervais, quella su d'una verga di ferro raffinato di (0,m 009) 4 linee, che ha sostenuto chil. (5671, 88) 11587 libre, offre ancora un risultamento uniforme a ciò che si accenna nella commendevole opera intitolata: *Memoriale ad uso degli Ufiziali di Artiglieria*, donde appare, che il braccio d'un' anello di ferro raffinato, che aveva (0,m 009) 4 linee di lato, ha resistito ad un peso di chil. (584, 06) 12000 libre.

Le tabelle delle operazioni relative agli sperimenti di Saint Gervais sono inserite nel 2.° volume dell'opera di Texier de Norbec, capo di divisione delle armate navali, avente per iscopo alcune ricerche sull' Artiglieria.

Esaminando i risultamenti di codeste tabelle, si fa manifesto, in quanto alla resistenza, il vantaggio del ferro raffinato sopra quello fuso; e si appalesa eziandio la grande differenza che esiste fra i risultamenti della resistenza dei ferri raffinati fra loro; dalla qual differenza appare quanta sia l'influenza dell'operazione del raffinamento su di questa essenziale proprietà del ferro.

Queste osservazioni mostrano quale diligenza, e quali precauzioni, si richieggano nel convertire il ferro fuso in ferro da fucina, onde procacciare a quest' ultimo l' omogeneità, dalla quale manifestamente risulta il *maximum* di resistenza che importa di conseguire, allorquando trattasi di adoprarlo nelle grandi costruzioni.

Che che ne sia della varietà de' risultati di codeste numerose sperienze, la concordanza di alcune fra esse con quelle di Buffon, e con quella riportata nel *Memoriale*, fa che senza tema di errore, si possa stabilire per un ferro dolce e di buona qualità, un modulo di forza e di resistenza di chil. (5834, 55 a 5874, 07) 11 a 12 migliaia di libre per una verga di (0,m 009) 4 linee di lato. Or essendo dimostrato, che la resistenza dei solidi soggettati a una forza che agisce parallellamente alla loro lunghezza è proporzionale alla superficie di frattura; ei sarà sempre agevole il desumere da questa regola, applicata a que-

st' ultimo risultamento, la riquadratura delle verghe destinate ad esercitare nelle costruzioni, determinati ufizi di resistenza (1).

---

(1) Un' opera del signor Duleau, ingegnere di Ponti e Strade, di recente venuta in luce, offre risultamenti importanti per la costruzione di quelle opere nelle quali come parte essenziale, o come accessorio, entra il ferro.

Di questa dotta e commendevole opera, cui han fatto plauso e la Reale Accademia delle Scienze, ed il Consiglio generale di Ponti e Strada, non è possibile dare un' analisi, che valga a supplire a ciò che manca nel testo all' articolo del ferro. L' autore di questo non ha potuto esibire se non quello, che all' epoca della pubblicazione della presente opera gli offeriva lo stato delle cognizioni sul ferro, risguardato siccome elemento di talune specie di costruzioni. Egli è nel libro del Duleau che fa di mestieri studiare i fenomeni di resistenza e di curvatura cui va soggetto il ferro nelle diverse giaciture che serba nelle costruzioni, e la resistenza che oppone alle forze che agiscono su di lui per differenti sensi.

Ma, limitando l' esame ai soli risultamenti della 4ª sezione, nella quale dall'autore si espongono le leggi di resistenza desunte da molte sperienze operate prima di lui da parecchi ingegneri e fisici; si vede, che il risultamento medio della resistenza del ferro raffinato, stirato nel senso della lunghezza, è nei ferri squadrati di chil. 44,8 per ciascun millimetro quadrato, e ne' ferri tondi di chil. 45,7: lo che si scosta dal risultamento citato nel testo, e desunto dalla sperienza tratta *dal memoriale ad uso degli Ufiziali di Artiglieria*, la quale stabilisce una resistenza quasi che doppia di quella del medio risultamento esibito dalla tabella a paggine 70 e 71 dell' opera del Duleau.

Vuolsi non pertanto considerare, in favore dei risultamenti delle sperienze nel testo citate, che le medesime sonosi operate sopra ferro dolce di ottima qualità; laddove quelle della tabella del Duleau ebber luogo sopra ferri di differenti qualità, siccome si deduce dalle differenze esistenti fra i parziali risultamenti della tabella, in dove si osserva, che la resistenza desunta dagli sperimenti di Texier di Norbec è di 56,3 per ogni millimetro quadro, quella avuta a Bakewelt di 80,8 e quella di Buffon da ultimo di 59,5, nel mentre che la più parte degli altri risultamenti parziali sono di molto inferiori.

Che che ne sia del poco accordo esistente fra codeste sperienze, poichè alla solidità delle costruzioni importa di tenersi al disotto anzi che al di sopra di quei risultamenti, si porta giudizio che convenga adottare di preferenza quei di media resistenza esposti nelle tabelle del Duleau, piuttosto che quelli esibiti nel testo.

GIUNTE ALLE LEZIONI IX E X.

I.ª La forza di resistenza de' solidi è, com'è noto dalla Meccanica di tre sorte, a seconda della direzione della forza che su di loro si esercita: *assoluta*, *rispettiva*, ed *assoluta negativa*, ovvero resistenza alla compressione.

Ammessa l'ipotesi di Galileo della perfetta rigidezza delle fibre, le formole per la determinazione delle due prime specie di resistenza sono:

Per la 1.a $R = 2k\int ydx$

Per la 2.a $R = \frac{2k}{c}\int xydx$, allorquando il solido è sostenuto in un solo de' suoi estremi; ed $R = \frac{ack}{u(c-u)}\int xydx$ se in ambedue i suoi capi è sostenuto su di saldi appoggi, ed il peso che tende a spezzarlo pende da un qualunque punto intermedio.

E la formola per la terza specie di resistenza, $\frac{2h\pi^2}{ac^2}\int xydx$, giusta la ipotesi proposta dal Leibnizio, nella quale si tien conto della flessibilità delle fibre.

Le quantità k ed h rappresentano i coefficienti di resistenza, e si determinano per via di sperimenti. (Venturoli Vol. 1. Lib. III. Cap. XVI. XVII. XVIII. e XIX.)

Nel prospetto che segue, trovansi riuniti i resultati degli sperimenti fatti sulla gravità specifica e sulla forza di resistenza di molte specie di legni. La prima colonna mostra la gravità specifica di quelli fra i legni registrati nel prospetto, de' quali essa è conosciuta. Vien dopo quella delle resistenze assolute; le quali, assunta per ipotesi anche la perfetta omogeneità della materia, dovendo essere proporzionali alle aree delle sezioni normali alla forza distraente, si trovano espresse in chilogrammi prendendo per area della sezione un centimetro quadrato. La colonna delle resistenze rispettive è la terza e vi si trovano i valori di k per tutte le specie di legno messe a sperimento; siccome pure nella seguente si veggono i valori di h, che sostituiti nella formola della terza sorta di resistenza, danno il valor di questa, quali che si sieno le dimensioni di quei legni di cui son noti gli sperimenti fatti sull'assunto. Avvertendo che i valori di h danno gli sforzi necessari perchè i prefati legni incomincino ad inflettersi. E, siccome aumentando le dimensioni di riquadratura, e scemandosi quelle di lunghezza, si perviene ad un limite nel quale anzi lo schiacciamento si ottiene che lo incurvamento; il Rondelet fece anche dei saggi su questa resistenza allo schiacciamento, i cui risultamenti espressi in chilogrammi, trovansi registrati nell'ultima colonna. Saggiamente non pertanto avverte il Cavalieri esser cosa prudente lo andar rispettivi nel valersi nella pratica di cotai valori; essendogli surto dubbio di fallacia dall'osservare il rapporto non verisimile che da essi resulta fra le resistenze allo schiacciamento dell'abete e del rovere.

Lo stesso Cavalieri ed il Rondelet ne ammoniscono anche intorno alle riduzioni ch'è mestieri fare ai valori delle resistenze resultanti dalle suddette formole; i quali non provvedono che al mero equilibrio matematico momentaneo.

Avvisa pertanto il primo che non sia prudente attribuire nella pratica de' calcoli statici ai legnami da costruzione, una resistenza rispettiva maggiore del sesto di quella che si ricava dalle formole suddette; ed il Rondelet, abbondando anche di più in cautela, porta la riduzione fino al decimo — Similmente si stabilisce come massima essenziale che non abbiasi a valutare nelle costruzioni la resistenza alla compressione più che un quarto di quella risultante dalla formola.

PROSPETTO

Delle gravità specifiche, e della forza di resistenza di molte specie di legname.

numerazione.	NOMI DEGLI ALBERI messi a sperimento.	gravità specifica del legno.	resistenza assoluta.	valori del coefficiente *k* per la resistenza rispettiva.	valori del coefficiente *k* per la resistenza all' incurvamento.	resistenza allo schiacciamento.
		chil.	chil.			chil.
1	Acero fico	674	836	2250000		517
2	Acero maggiore	623	1024	1820000		444
3	Acero rosso	629	1119	2735000		451
4	Acero striato	554	1141	2990000		461
5	Ailanto glandoloso	820	642	1895000		430
6	Albicocco comune	790	1090			671
7	Alloro comune	695	813			
8	Betula bidollo	702	1058	2132500		460
9	Bossolo Balearico	919	1242			772
10	Carpino comune	760	1170	2585000		546
11	Castagno salvatico	685	1039	2392500		508
12	Cedro acido		780			466
13	Cedro arancio		1251			451
14	Cipresso piramidale	656	1005			465
15	Cipresso tuja		595	1767500		396
16	Citiso maggiociondolo	933	1241	2890000		468
17	Cotogno nostrale		452			
18	Faggio comune	720	1326	2580000		527
19	Frassino comune	787	962		2046857	594
20	Gleditscia spinosa	676	834	1875000		656
21	Ippocastrano, castagno indiano	657	658	2337500		368
22	Mandorlo comune	1102				
23	Mandorlo-pesco	749		2510000		
24	Moro bianco	755	561			551
25	Moro nero	674				
26	Nocciolo salvatico		866	2520000		
27	Noce comune	656	599	2250000		403
28	Noce nero	827	545	2160000		375
29	Olmo nostrale	700	1058	2692500		575
30	Ontano comune	655	1112		1990045	417
31	Pero melagnolo	736	635	2440000		483
32	Pero peraggine	708	599	2207500		436
33	Pino abete bianco	498	609	2392500	2480667	477
34	Pino abete rosso	487	668	2295000		455
35	Pino bianco	681	1024			

NUMERAZIONE.	NOMI DEGLI ALBERI messi a sperimento.	gravità specifica del legno.	resistenza assoluta.	valori del coefficiente k per la resistenza rispettiva.	valori del coefficiente k per la resistenza all' incurvamento.	resistenza allo schiacciamento.
36	Pino cedro del Libano	603	930			385
37	Pino domestico	570				
38	Pino larice	656	782	2107048		482
39	Pioppo piramidale	398	502	1465000	2103714	364
40	Pioppo tremolo	527	691			383
41	Platano orientale	538	444	1940000		467
42	Platano occidentale	720	551	2132500		563
43	Pruno ciliegio canino	865	1192	2737500		524
44	Pruno ciliegio di monte	714	845			498
45	Pruno susino salvatico	762	946	2867467		451
46	Querce ischia	905	973	2565000	3582000	431
47	Querce sughero	1212				
48	Robinia falsa gaggia	791	957	3262500		599
49	Salcio bianco	449	1005	2125000	3729187	431
50	Sambuco maggiore		802			422
51	Silquastro comune	687	984	2347526		458
52	Sorbo ciavardello	879	1125	2855000		785
53	Sorbo salvatico	739	878	2412500		524
54	Tasso libo	778	1222	2592471		735
55	Tiglio nostrale	549	752	1875000		383
56	Tulipifero legno giallo	477	524	1407516		365

II.° *Resistenza allo schiacciamento del ferro.* — Gli sperimenti di Rondelet sul ferro battuto o da fucina, danno come risultamento medio per questa sorta di resistenza il valore di chil. 4945 per ogni centimetro quadrato di superficie. E quelli di M. W. Reynolds sulla ghisa bigia dolce chil. 10080.

Il ferro cede piuttosto inflettendosi che comprimendosi, qualora l'altezza sia più che tripla della spessezza.

Resistenza alla compressione. Una verga di ferro lunga m. o, 6496, e della riquadratura di m.o,02707, messa a pruova dal Rondelet cominciò a curvarsi sotto il peso di chil. 19482. Posti questi valori nella formola addotta per questa specie di resistenza si ha $k = 126254825$.

Resistenza assoluta. Il ferro battuto in verghe squadrate, messo a sperimento in Francia in Inghilterra ed in Italia, ha dato come risultati medi de' pesi, che per ogni millimetro quadrato della sezione normale alla direzione di questi hanno cagionata la rottura, i valori seguenti.

Sperimenti di Perronet.	chil.	42. 9
di Soufflot e Rondelet	»	46. 8
di Seguin	»	48. 5
di Poleni	»	44. 5
di Telford	»	46. 1
di Brown	»	39. 4

Lo stesso ferro battuto ma in verghe cilindriche, ha dato al Perronet per valor medio di resistenza assoluta chil. 42. 2. per ogni millimetro quadrato.

Lo stesso ferro battuto, nelle forme come appresso, ha dato per risultati medi i valori che seguono.

Filo di ferro giusta gli sperimenti di Seguin . .	chil.	63. 5
Lamiera stirata per lungo sperimenti di Navier. .	»	40. 8
E stirata per traverso.	»	36. 4
Acciaio — sperimenti per Brown e Rennie. . .	»	69. 9
Ghisa — sperimenti di Brown su di barre squadrate .	»	14. 2
Ghisa fusa orrizontalmente sperimenti del Rennie .	»	13. 1
Ghisa fusa verticalmente	»	13. 7

Resistenza rispettiva. Non si hanno sul ferro battuto tali sperimenti che se ne possa con sufficiente fiducia ricavare il valore del coefficiente k; ed in mancanza di essi consiglia il Cavalieri di valersi del valor medio della resistenza assoluta. Quanto al ferro fuso, è stato per via di sperimenti diretti determinato il valore della resistenza rispettiva; il quale applicato alle formole addotte di sopra prendendo il metro ed il chilogrammo per unità di misura e di peso, ha dato per valor massimo di k, 12860000, per valor medio, 9527726 e per valor minimo 5991000.

Tutto ciò vale per le resistenze cimentate per breve tempo; ma col lungo esercizio diminuiscono: onde la sicurezza degli edifizii esige che si valutino molto meno de' risultati momentaneamente ottenuti. Si opina che la resistenza assoluta del ferro da fucina debba ridursi al valore di 6, o 7 chil. per ogni millimetro quadrato, e quella del ferro fuso al quarto del valor medio primitivo; ed al quarto eziandio di tal valore la resistenza allo schiacciamento. Finalmente che al quattordicesimo debba ridursi la resistenza rispettiva del ferro da fucina, dedotta come si disse dal valor medio della resistenza assoluta.

Navier = Résumé des leçons ecc.
Cavalieri. Vol. I.

[illegible]

PROGRAMMI

OVVERO

REASSUNTI DELLE LEZIONI

D'UN CORSO DI COSTRUZIONE

PARTE SECONDA



APPLICAZIONI ALLA COSTRUZIONE DELLE STRADE E DE' PONTI.

SUNTO DELLA XI.ª LEZIONE.

Classificazione delle strade ; dimensioni , e profili delle strade in generale ; carreggiata selciata ; carreggiata inghiaiata.

Le strade si dividono ordinariamente in quattro classi, a seconda del loro grado d' importanza.

In ciascuna classe compete loro una larghezza particolare.

I.ª Classe , di 20ᵐ di larghezza, } e comprendono quelle che propriamente di-
II.ª Classe , di 16ᵐ , } consi *grandi strade*.
III.ª Classe , di 14 a 12ᵐ , }
IV.ª Classe , di 7 a 8ᵐ , ed ha per obbietto le strade dette *traverse*.

La legislazione, dopo avere prescritte codeste dimensioni , nuovamente si occupò in appresso della larghezza delle strade , la quale giusta il primo sistema era evidentemente troppo grande ; ed una decisione del consiglio del 1776 la stabilì come appresso :

I.ª Classe , di 14.ᵐ di larghezza
II.ª Classe , di 12.ᵐ
III.ª Classe , di 10.ᵐ
IV.ª Classe , di 8.ᵐ

Giova avvertire che tali dimensioni di larghezza paionmi troppo tenui per le strade di prima classe; quelle delle altre classi sono evidentemente sufficienti.

La determinazione delle larghezze delle parti costituenti una strada, e i loro vicendevoli rapporti, secondo quello ch'è paruto meglio convenire, sono l'obbietto del seguente prospetto.

CLASSI	FOSSI	MARGINE	CARREGGIATA	LARGHEZZA TOTALE non compreso il fosso
I.ª	2m	6,m 66	6,m 66	20m
II.ª	2	3, 00	6, 00	12
III.ª	1 2/3	2, 00	6, 00	10
IV.ª	1	1, 50	5, 00	8 (1)

Sono strade di prima classe quelle che cominciano dalla Capitale, attraversano il territorio francese e comunicano senza interruzione con le città principali degli stati stranieri.

Sono di seconda classe quelle, che partono dal centro del regno, e menano ad un *capo-luogo* di dipartimento.

Le comunicazioni fra capo-luogo e capo-luogo, fra un gran Comune e un altro, fra questo ed una strada di prima classe, costituiscono le strade di terza classe.

La quarta classe infine, abbraccia le vie di villaggio a villaggio, dette comunemente *vie traverse*.

Vi sono in una medesima classe più gradazioni di strade.

Sovente l'economia degli sterri nelle strade di montagne, e le circostanze locali, esigono che si scemino le larghezze, de'profili delle due prime classi: quindi la necessità di suddividere una stessa classe in differenti ordini.

Le parti costitutive d'una strada sono: una solida *carreggiata* nel mezzo; un *margine* in semplice terra da ciascuna banda; le scarpe dello sterro, o del riporto, in difesa, od in sostegno del margine, ed i fossi infine per lo scolo delle acque (2).

Allorquando per locali circostanze faccia mestieri di scemare la larghezza d'una strada, la riduzione ha luogo d'ordinario soltanto ne' margini e nei fossi; in qualsivoglia caso la larghezza della carreggiata non può essere minore di 18 piedi (circa 6 metri).

La carreggiata può essere o inselciata o inghiaiata: questa parte essendo destinata al trascorrimento delle ruote esige grande solidità. I margini sono di terra, e comecchè sieno propriamente destinati pei pedoni, offrono nella bella stagione alle

(1) Per la qual tabella è manifesto come l'autore restituisca alle strade di I.ª classe l'antica larghezza di 20m. T.

(2) Presso di noi la carreggiata dicesi più comunemente *capostrada*; i margini *passeggiatoi*, e lo sterro ed il riporto *tagliamento* e *riempimento*. T.

vetture un movimento dolce ed abbastanza resistente; epperò in questo rispetto sono i conservatori della carreggiata cui suppliscono. Essi sono sostenuti da scarpe di riporto, allorchè la strada forma un rilevato, o dalle ripe dei fossi quando la strada è in isterro: quando cioè la sua superficie superiore viene stabilita al disotto del livello naturale del terreno.

La faccia superiore del capostrada assume quasi sempre una figura convessa di maggiore o minore curvatura, a seconda della maniera di struttura adottata. Codesta curvatura ha per iscopo lo scolo delle piovane per ambi i lati della strada. La quale importante condizione impone ancora di tenere, sempre che sia possibile, il suolo della strada elevato su del suolo naturale; ed, ove questa disposizione, ch' è la più semplice ed ordinariamente la più economica, non possa praticarsi, si procaccia alla strada mercè dei fossi, il rilievo necessario per lo scolo delle acque.

Il facile sgomberamento delle acque della carreggiata, esige che i margini sieno inclinati verso i cigli delle scarpe riportate, o verso i fossi; e sì fatta inclinazione o pendenza trasversale, si regola dipendentemente dalla natura delle terre, e sopra tutto dal pendio longitudinale della strada, il quale vuol' essere sempre minore di quello del margine, per evitar che le acque scorrano sulla strada nel senso della lunghezza sua.

Ci ha de' casi in cui la carreggiata occupa tutta la larghezza della strada; un fondo sodo, ed una grande copia di ghiaia autorizzano questo metodo di costruzione, di cui alcuni dipartimenti meridionali, e massime l' Inghilterra offrono l' esempio.

Tal' è nella somma il profilo trasversale ordinario di una strada: noi vi ritorneremo allorchè più circostanziatamente toccheremo della sua costruzione.

Le opere accessorie d' una strada ed i suoi ornamenti consistono in piantagioni, termini migliari e colonne indicative: e vi si costruiscono eziandìo fontane, ed abbeveratoi.

Fra gli accessorî tengono il primo luogo le piantagioni. Elleno abbelliscono le strade, procacciano ombra nella state al viaggiatore e gli servono di guida nelle pianure esposte a innondazioni, e nella contrade montuose, dove le nevi confondono sovente la strada col precipizio che la fiancheggia.

Nella più parte delle strade gli alberi sono piantati sulle sponde estreme dei fossi; ma oggidì è generalmente riconosciuto essere più proficuo nelle strade di prima classe il collocargli sui lembi de' margini; mercè le cure opportune alla loro conservazione, essi prosperano meglio di quei piantati al di là del fosso, dove sono quasi sempre offesi dall' aratro dell' agricoltore; più bello inoltre è l' effetto che fanno in quella situazione, e maggior ombra procacciano al viandante.

Per cotali piantagioni si vogliono prescegliere quelle specie di arbori che sono le più acconce al terreno, e che producono legname utile, quali sono il querce, l' olmo il frassino; e sono a rigettarsi segnatamente gli alberi da frutta: il loro prodotto gli espone ad essere danneggiati.

Gli antichi termini migliari erano situati in distanza di mille tese fra loro, ma nel nuovo sistema di misure sono, o saran sostituiti da termini chilometrici; ogni

decimo dei quali, maggiore degli altri, indica un miriametro, ch'è la denominazione adottata per l'unità di misura delle strade, e comprende una distanza di circa due leghe e mezza di 2,000 tese.

Codesti termini sono contrassegni utilissimi ad indicare il sito delle operazioni relative alla manutenzione delle vie, oltre il vantaggio d'instruire il viandante del cammino fatto, e di quello che gli rimane a fare.

Non meno utili sono le colonne indicative che si collocano in tutt'i bivi; perocchè, accennando esse al viaggiatore la direzione che debbe tenere, fan cessare le sue dubbiezze, ed impediscono che si smarrisca.

A questi accessorî giova aggiugnere, sempre che la natura e le località il comportino, delle fontane e degli abbeveratoi: cotali opere van situate sul ciglio di uno de' margini. Monumenti siffatti attestano la sollecitudine del governo. Numerosi e magnifici esempi ce ne han lasciati i Romani, i quali fa d'uopo imitare, non solo nella solidità necessaria alla natura del servizio cui le strade sono destinate, ma nel procacciar loro altresì quegli ornamenti e que' comodi che l'utile pubblico richiede.

Accennate le diverse parti che costituiscono l'insieme d'una strada, passo alla sposizione di que' particolari ch'è duopo conoscere, prima che si dica del modo di progettargli, ed a definire alcune espressioni adottate nella costruzione delle strade.

Per *discesa* e per *salita* s'intende l'inclinazione d'una strada al disotto o al disopra dell'orizzonte, e, secondo lo accenna la parola, per la discesa si cala, e si ascende per la salita. Ma a schivare ogni equivoco nella formazione de' progetti, si è convenuto d'indicar sempre le salite e le discese procedendo da sinistra verso destra. La tangente dell'angolo d'inclinazione, considerata in un circolo il cui raggio è l'unità, è la misura della discesa e della salita: e così l'una come l'altra, dicesi totale o assoluta, quando si riferisce ad un cerchio di raggio maggiore dell'unità.

Nomasi *sterro* il risultamento dell'operazione mercè la quale si sottrae una porzione del terreno naturale, esistente al disopra d'una linea del progetto; e *riporto* quel volume di terra che si soprappone al suolo naturale, perchè acquisti la figura voluta dal progetto.

La sezione trasversale, ovvero il profilo d'una strada, è una figura discontinua da cui deducesi quella della carreggiata, e delle altre parti costitutive della strada.

Per delineare il profilo d'una strada (fig. 1 Tav. I.), si costruisce un triangolo isoscele la cui base sia all'altezza nel rapporto relativo alla pendenza trasversale da darsi alla strada per lo scolo delle acque, la quale suole generalmente essere il *1/12* della sua semilarghezza. Indi misurata da ciascuna banda del mezzo della base la semilarghezza del capostrada, e tutta intera proiettata sui lati del triangolo, si hanno su di essi due punti, pei quali e per lo vertice, se si fa passare un'arco di circolo, desso segnerà la curvatura della carreggiata, e le rimanenti parti de' lati i due passeggiatoi.

A compiere il profilo della strada non manca se non che apporre agli estremi

della figura le scarpe riportate, se la strada è in rilievo, od i fossi, ov' ella sia in disterro.

Ma, perchè il profilo non lasci nulla a desiderare, debbe altresì mostrare la profondità e la maniera di struttura della carreggiata. Il solido che la costituisce non nasce, nè dallo sterro, nè dal riporto; ma è bensì un peculiare lavoro di arte, con una struttura propria di se, ed indipendente da qualsivoglia movimento di terra.

In due modi può costruirsi questo solido: o in selciato, o in pietrisco.

Carreggiata selciata.

La pietra che di preferenza si adopera nella costruzione di siffatta specie di strada è l'arenarea dura. L'esperienza insegna che le pietre hanno ad essere a dovere squadrate per offrire la debita resistenza, ed avere tutt' i lati di (o,m 2) 8 pollici. Mettonsi desse a giacere su d'un letto di sabbia che nomasi *forma*, alto (o,m 16) 6 pollici incirca, normalmente alla curvatura della carreggiata, per filari rettilinei ed a commessure discontinue. I due estremi filari della carreggiata addimandansi *guide*, e, affinchè per una parte meglio la consolidino e la rinfianchino, più profondamente internandosi nella forma, e per altra banda, perchè s' incatenino internamente ed alternamente con l' inselciata, essi si compongono di pietre più lunghe e più alte delle altre.

Collocate le pietre per modo che la superficie superiore serbi la figura del profilo, e ben battuta ciascuna d' esse con la mazzeranga, vi si distende sopra, per assicurare la solidità dell' insieme, uno strato di arena alto circa (o,m o3) un pollice: questa covertura è necessaria per garantire le commessure senza che faccia duopo altra mano d' opera.

Nel profilo d' una carreggiata configurata ad arco di cerchio, le guide sono le parti in dove, per la loro situazione, il pendìo è maggiore; per lo che accade, che pervenutevi sopra le ruote delle vetture, sdrucciolano, e cadono sui margini, formandovi delle rotaie.

Con fare, siccome talvolta si è praticato, che alcune pietre delle guide tratto tratto sporgano e s' introducano nei margini, non si provvede che imperfettamente a codesto sconcio. Siffatto espediente è per contrario una novella cagione di guasto. Il meglio che in tale circostanza si possa fare, è una rincalzatura di pietrisco a scarpa ed a secco, appoggiata alle guide, e che vada a confondersi nei margini, siccome accennano le (fig. 2 e 3 Tav. I.). Ma affin di preservare compiutamente i margini d' una carreggiata selciata, fa mestieri rinunziare a questo profilo, ed appigliarsi a quello che nomasi *profilo riverso*, del quale sarà discorso allorquando, posto termine a ciò che risguarda la struttura delle carreggiate, considererò le strade, nel rispetto dell' arte di formare i progetti. Questo profilo ha la proprietà di ricondurre sulla carreggiata quelle vetture che, obbligate a divergere dall' asse della strada, abbiano abbandonato il capostrada.

Le carreggiate si costruiscono selciate nelle vicinanze delle grandi città, e nelle comunicazioni fra città e villaggi. Sì fatto modo di struttura, generalmente più

costoso dell' inghiaiata, si adopera altresì con vantaggio in que' tratti di strada fondati su d'un suolo palustre, come ancora in que' siti che per loro natura offrono pochi mezzi allo scolo delle acque pluviali, e dove per conseguenza i margini di rado sono praticabili dalle vetture.

Carreggiata in pietrisco.

Questa seconda struttura di carreggiata è quella che più generalmente si usa (fig. 4 e 5 Tav. I.). Ella consta di più strati, ordinariamente al numero di tre, composti di pietrame grezzo, di cui il più duro, massime s' egli è di natura silicea, va serbato per lo strato superiore.

Al primo strato, che può risguardarsi siccome fondamento della carreggiata, si dà l' altezza di (0^m, 24) 9 pollici, allorquando la forma è un piano orizzontale. Esso è formato di pezzi di pietrame posti di costa senza ordine, ma per modo costipati che non restino interstizi: le punte che sovrastano, servono a legare questo primo strato col secondo.

Disposta in tal modo la massicciata, la si ricopre col secondo strato dell' altezza di (0^m, 08) 3 pollici circa, composto di pietrelle raccolte ne' campi, o di ciottoli quando è possibile averne. In difetto di tai materie si sminuzza del pietrame, riducendolo a pezzi della grossezza non maggiore d' un cubo d' un pollice e 5 linee di lato, cioè d' una noce circa. Questo secondo strato si distende sul primo con la pala, in modo che presenti una superficie uniforme, e la figura dell' adottato profilo.

Il terzo strato alto del pari (0^m, 08) circa tre pollici, si forma di ghiaiuola, ovvero in preferenza di minuzzoli di pietre dure e silicee diligentemente frante col martello sopra i passeggiatoi, e ridotte alla grossezza d' un cubo di un pollice (0^m, 027) di lato. Esso distendesi sul secondo strato mediante il rastello a denti di ferro.

Due filari di guide raffrenano da ambe le parti questo solido di tre strati, che costituisce la carreggiata inghiaiata; ma la loro faccia superiore, non è visibile siccome nelle carreggiate selciate: ella va nascosta sotto l'inghiaiata da cui è ricoperta. Desse non mostrano che un solo de' loro spigoli, che sono la sola parte visibile delle guide, allorquando l' inghiaiata è compita; i quali spigoli compongono una linea retta o curva parallella all' asse della strada, che separa il margine dal capostrada.

Da così fatta disposizione di guide, indicata nella (fig. 5 Tav. I.), si ottengono parecchi vantaggi. Ne sono rattenuti gli ultimi due strati, co' quali elleno si legano, e, mediante l' angolo che formano sotto il margine, si rafforza questo contro l' azion delle ruote, le quali tendono ad alterarlo in quel sito.

Analizzando le proprietà e i risultamenti di cotal metodo di struttura si fa palese che, allorquando la carreggiata sia stata eseguita con cura, e che i materiali, segnatamente quelli degli ultimi due strati, sieno stati bene trascelti, essa offre tutta quella solidità che può desiderarsi. Ed infatti le pietruzze del terzo strato si rassettano e si confondono con quelle del secondo sotto l' azione delle ruote; i

frantumi delle facce che si logorano, distemperati dalla pioggia, compongono uno smalto che moltiplica i punti di contatto, e che colma a poco a poco tutt' i vacui: per la qual cosa, dopo un certo lasso di tempo, si forma un masso omogeneo, compatto, liscio nella superficie e che resiste perfettamente al trascorrimento de' più gravi veicoli.

Allorchè il terreno non è di buona qualità, fa di mestieri che il primo strato si distenda su d' un letto di pietre larghe, o *lastre* di sei pollici d'altezza ($0^m,16$).

La buona riuscita della costruzione d' una carreggiata dipende precipuamente dalla mano d' opera, e dalla diligenza soprattutto che si usa nel terzo strato: una manutenzione continuata, de' riporti fatti opportunamente, ed una cura assidua in colmare con pietrisco le spaccature ed ogni principio di rotaie a misura che si formano, sono il mezzo indispensabile per conservare questa specie di capostrada.

SUNTO DELLA XII.ª LEZIONE.

Considerazioni sulla formazione de' differenti profili d'una strada in rispetto alle località — Profili delle strade in pianura; disamina di tutte le sue parti; canali traversi per lo scolo delle acque — Traverse oblique di guide, carreggiate, fossi.

Fa duopo primieramente considerare le strade in rispetto alla loro posizione, se in siti piani, ovvero montagnosi; perocchè dalla loro situazione emergono essenziali differenze nel loro profilo.

Convien premettere alcune preliminari nozioni, e dare le definizioni che al riflesso della posizione delle strade si riferiscono.

La *direttrice* d'una strada è una linea razionale la quale, insieme con quella di pendenza, determina nello spazio la posizione della strada.

La proiezione orizzontale della direttrice, è ciò che dicesi andamento topografico della strada (alignement).

Andamento topografico, giusta la significazione adottata appo i ponti e strade, è la proiezione della direttrice, o parte della direttrice essa stessa retta o curva ch'ella sia.

Una strada vuolsi riguardar come generata dal movimento del profilo trasversale, parallellamente a se stesso e normalmente all'andamento topografico.

Il solido della strada debbesi congiugnere col terreno, e questo ne determina la base, ch'è la pianta figurativa della strada.

Il *modello grafico* (épure) della strada costituisce un disegno a parte, il quale serve a determinare gli sterri ed i riporti del progetto: esso è il compimento della pianta.

Delle strade in pianura.

In pianura i principali tratti sogliono essere rettilinei, e non comportare che lievi pendenze.

La determinazione delle pendenze longitudinali dipende dal principio della compensazione degli sterri e dei riporti, e dall'osservanza d'un giusto mezzo fra le troppo erte e le troppo dolci pendenze.

Sono da evitare i tratti orizzontali, segnatamente per le carreggiate inghiaiate. Questo principio è fondato sul riflesso, che ne' tratti orizzontali fa di mestieri accrescere il pendio trasversale affin di agevolare lo scolo delle acque, lo che è disagioso e pericoloso eziandio per le vetture.

I limiti delle pendenze longitudinali pe' tratti in pianura non hanno da eccedere il $^1/_{18}$, ovvero il 0, 055 a metro (4 pollici a tesa).

Siffatte pendenze sono ordinariamente richieste dalla figura del suolo, le cui ineguaglianze fanno ascendere, discendere, e risalire successivamente la strada.

Una salita che segue immediatamente una discesa dicesi *controdiscesa*; e *con-*

trosalita una discesa che succeda ad una salita. Il primo caso cagiona una sinuosità, il secondo un ciglio, e così l'una come l'altro, si riducono a curve, concava la prima, convessa la seconda.

La sinuosità che forma la strada passando da una discesa ad una salita, riceve tutte le piovane che scorrono lungo le medesime, ed in copia tanto maggiore quanto più sono esse lunghe ed inclinate; quindi il bisogno di costruire in quel sito un'opera d'arte, affin di disgomberare la via da quelle acque: una sì fatta opera appellasi *ponte rovescio*, o *canal traverso*.

La larghezza del ponte rovescio è subordinata al volume d'acqua di cui si vuole ottenere lo scolo.

Gli si danno da 3 fino a 6 metri d'ampiezza con $^1/_{18}$ di saetta, e va pavimentato con lastre di pietra.

Laddove il ponte rovescio si trovi su d'un riempimento riportato, e che alta ne sia la cascata, se ne riveste la scarpa con muramento a secco, e talvolta vi si costruisce un muro di caduta.

Ogni ponte rovescio esige all'ingiù un fosso per condurre le acque, ove pure lo sbocco non si ritrovi su d'un riempimento riportato; nel qual caso è indispensabile il rivestimento della scarpa.

I ponti rovesci han duopo di molta manutenzione, e sono pericolosi nel verno per cagion delle gelate; il perchè torna meglio sostituir loro le chiaviche, quando la località lo consenta.

Oltre questi ponti rovesci perpendicolari alla strada, ci ha de'*ponti rovesci spezzati*, e de' *ponti rovesci obbliqui*. I primi si adoprano nelle forti pendenze, onde si abbia lo scolo a destra ed a sinistra della strada, e debbonsi anteporre ai secondi poichè le ruote in valicarli vi soffrono meno.

I ponti rovesci obbliqui sono precipuamente destinati per le strade di montagne.

La necessità di liberare le strade dalle acque pluviali, e d'impedire che danneggino quelle le cui pendenze sono lunghe e ripide, ha fatto immaginare di altre opere, differenti da' ponti rovesci ma dello stesso genere, e sono le *traverse obblique di guide*. Le quali sono specie di traverse, talvolta di pietre informi, e talaltra seliciate, che attraversano la larghezza de' passeggiatoi, ed i cui prolungamenti verso l'asse della strada, formano con questo un angolo di 100 a 120.° avente il vertice verso l'origine della pendenza. Cotali traverse sono impiegate siccome mezzi conservatori de' margini di quelle strade la cui pendenza oltrepassa il $^1/_{18}$ a metro; ma oggimai è noto che per l'opposto sono cagione di guasti nei margini, per le scavazioni che vi formano le acque, scorrendo lunghesso le traverse, e sopra tutto per le scosse che vi soffrono le vetture trascorrenti sui margini; per il che vi si è da più tempo rinunziato.

Il *maximum* della pendenza trasversale assegnabile ai margini, è il $^1/_{18}$ della larghezza: quello stesso da noi adottato nel profilo a (Tav. I.ª fig. 3). Il *minimum* è il $^1/_{24}$, ed ha luogo per le terre sabbiose.

Negli antichi profili di strade, la forma, ovvero il fondo della incassatura era una linea orizzontale, ma di presente è un'arco circolare concentrico alla curvatura superficiale del capostrada. L'esperienza ha sanzionato i vantaggi di questa

modificazione, per la quale è venuta senza inconveniente alcuno a scemarsi l'altezza dell' inghiaiata.

Di tal che l'altezza totale uniforme dell' intera inghiaiata è ora di (o,m 40) 15 pollici, in luogo di (o,m 60) 22 pollici, come risultava dall'antico metodo, in eguali circostanze.

I profili trasversali che soglionsi adoprare per le strade in pianura, sono quelli delle (fig. 1, 2, 4, Tav. I.a), adottando pel capostrada quella specie di struttura che consentono le località; ma, siccome fu più sopra accennato, v' ha un altro profilo che con vantaggio puossi adottare per le strade di pianura e per quelle di montagna, per la sua proprietà di ricondurre sulla carreggiata le ruote de' veicoli: egli è il profilo (fig. 6. Tav. I.a)

In questo profilo i margini pendono in senso opposto verso la carreggiata, ed egli è chiaro ch'esso non può venire adoperato se non nelle carreggiate inselciate; per la sua figura generandosi due ruscelletti lunghesso il capostrada, i fossi possono sopprimersi.

Esso può convenire nelle montuosità poco considerevoli, in cui la tenuità del declivio non impedisce la prolungazione d'un tratto stradale, e dove per superar la cima non siavi bisogno di contornare il monte col fine di evitare grandi tagliamenti, e di ottenere nel tempo stesso un maggiore sviluppamento.

I margini, che nelle strade di prima classe occupano i $^2/_3$ della via, van soggetti a riduzione in quelle delle classi minori.

Qualora il suolo sia sabbioso, e vogliansi sopprimere i passeggiatoi per avere una carreggiata che occupi intera la strada, fa mestieri rivestir con pietre le scarpe del fosso e del riempimento.

Nel qual caso è indispensabile di procacciarsi tratto tratto degli spazi laterali alla strada per deporvi le provviste de' materiali.

Nelle ripide pendenze i margini non si sopprimono mai: per la ragione che su di essi preferiscono i carrettieri di menar le vetture con le ruote fermate dalla scarpa, e che però torna meglio esporre i margini agli effetti di questa operazione, anzichè la carreggiata; dalla quale giova tener lungi una tanta causa di distruzione, qual'è quella dell'attrito d'una ruota fermata, allorchè il veicolo sia molto carico.

Con alzare di un mezzo metro la strada al disopra del suolo naturale, i fossi possono risparmiarsi. Siffatta disposizione per molti riflessi è vantaggiosa; ma in tal caso è evidente il bisogno di provvedere a' mezzi di scolo per le acque dei ruscelli che attraversano la via.

Talora basta una chiavica, la quale fa duopo sia ampia al meno o,m 48, onde un' uomo possa penetrarvi; ma qualora non sia sufficiente al libero scolo delle acque, si costruisce un ponte.

Una strada che attraversi un marese, o che in generale sia su d' un fondo mal fermo, debb' essere stabilita sopra un graticolato, o sopra una fascinata.

In Olanda si trovano esempi di così fatte costruzioni, e può citarsi la diga di Peten, stabilita su d' una fascinata in un suolo paludoso; nella quale, sebbene sia assai remota l'epoca della costruzione dell'antico argine con cui il nuovo si con-

giugne, pure il graticolato di fascine che le serve di fondazione ottimamente si conserva.

Tali straordinari modi di costruire le strade stabilite su di cattivi fondi sono dispendiosissimi: epperò, soltanto quando le circostanze ne esigono assolutamente l'uso, essi sono adottabili.

SUNTO DELLA XIII.ª LEZIONE.

Profili delle strade in contrade montuose, e prima considerazione sul tracciamento di questa sorta di strade — Determinazione e calcolo della più vantaggiosa posizione de' canali traversi ne' siti montuosi — Considerazioni economiche, commerciali e militari sulla più vantaggiosa direzione di un andamento stradale — Descrizione de' rettifili — Congiugnimento de' rettifili mediante curve.

Strade in siti montuosi.

Molte sono le difficoltà del tracciamento, e del profilo di cotali strade, volendo che adempiano alle condizioni di solidità, di economia e di comodità.

L'arte di tracciare siffatta qualità di strade è stata perfezionata ai tempi nostri.

Aderenti com' elleno sono alla pendice d' un monte, e, parte in disterro e parte in riporto, sogliono venir ridotte alla larghezza di 10 metri, ed in alcune circostanze a quella perfino di soli 8 metri.

Alloraquando la direzione della montagna non è quella stessa della strada, è bene schivare i troppo lunghi sviluppamenti, allungando essi in mera perdita il cammino; in tali casi si aumentano le pendenze senza pertanto eccedere il limite di 1/7 a metro, che equivale ad una inclinazione di 5 pollici circa a tesa.

Ma, ove il monte segua parallellamente la strada, sono senza inconveniente praticabili le dolci pendenze.

Nel caso d' una strada aderente alla costa d' un monte, il profilo non è più come quello d' una strada in pianura, ma degenera in una linea retta, alla quale si dà una inclinazione verso il piede del disterro, ovvero della scarpa del monte. Così fatta disposizione è indispensabile a conseguire lo scolo delle acque, ch'è mestieri tener lontane dal lato esterno della strada, generalmente in riporto, ed insieme richiamarle nel fosso o cunetta, che si costruisce al piede della scarpa.

Questo profilo, (fig. 7 Tav. I.ª) che denominasi *profilo a tetto*, si compone, al pari di quello delle strade in pianura, di una carreggiata, di due margini di terra, di una scarpa riportata nel lato esterno e di un fosso, o cunetta. La costruzione della carreggiata in questo solo differisce da quella in pianura, che la *forma*, o letto, in luogo d' essere arcuata è in linea retta, e che in una linea retta del pari è la superficie della carreggiata, e parallella a quella della forma. La mano d' opera per altro della ponitura delle guide, e della struttura de' tre strati che costituiscono il capostrada, è quella medesima delle carreggiate convesse.

Allorchè per favorevoli circostanze locali, la direttrice d'una strada possa essere tangente al piano dell' inclinazione del monte, caso fra tutti il più vantaggioso nel rispetto della spesa, il profilo trasversale della strada risulta metà in disterro e metà in riporto. Ma se, ad evitar che la parte in riporto si costruisca su d'un troppo ripido pendìo, o se per effetto di rettificazione d' un primo tracciamento,

siasi nella necessità di condurre la direttrice per entro il monte, parallellamente al piano ascendente di quella traccia, allora il disterro supera il riporto. In tal caso lo eccedente sterro suole con profitto venir adoperato alla formazione d'una banchetta sul margine riportato; la quale fa ufizio di parapetto con impedire la caduta delle vetture nel precipizio esterno, e di marciapiede ai viandanti pedestri.

Il *maximum* dello sterro ha luogo quando l'intera larghezza del profilo s'interna nel monte; ed in questo caso per minorare il tagliamento, si scema la larghezza de' margini, o si sopprimono affatto.

Suole la soppressione intervenire quando, dopo essere stato costretto di condurre la strada per una falsa direzione, subitamente si lascia il fianco del monte per superarne la sommità, e quivi ridonare alla strada la vera direzione. In tal caso il profilo a tetto non è più praticabile, si riprende quello della carreggiata convessa, ovvero a *schiena*, e i due fossi sono necessari. Le ripe di questi van rivestite, ed ove le scarpe del disterro fossero molto alte, vi si formano delle banchine larghe da uno a due metri.

Allorquando il tratto di via fatto in quella forzata situazione per raggiugnere la cima del monte non sia molto lungo, si può talvolta senza inconveniente ritenere il profilo a tetto con la carreggiata rettilinea, e si può fare solo un fosso, purchè si allontanino le acque dalla scarpa del riempimento mercè di canali traversi che le richiamino nel fosso.

A vieppiù diminuire la massa del riporto, si usa talvolta di sopprimere i fossi e di costruire la carreggiata a cuna; la quale, dovendo ricevere le acque nel suo mezzo, fa duopo sia costrutta in selciato.

Quest'ultimo profilo (fig. 8. Tav. I.ª) ha molti inconvenienti. La carreggiata, avendo a servire allo scolo delle acque, non può essere costruita in ghiaia: perciocchè bentosto ne sarebbe rovinata; è forza quindi costruirla in selciato. Ma, oltre l'eccesso di spesa che ne risulta, l'esperienza ammaestra che questa specie di strade, per poco erta che ne sia la pendenza longitudinale, si rende assai sdrucciolevole nella stagione delle nevi e delle gelate, ed impraticabile dai veicoli; il perchè un tal profilo non puol'essere adoprato che ne' dipartimenti meridionali, e quando le pendenze longitudinali sieno poco ripide.

Nel caso del profilo a tetto ad un sol fosso, fa duopo stabilire tratto tratto dei canali traversi, e de'chiavicotti, affin di frequentemente erogare l'acqua del fosso.

In generale: provvedere il più sovente che si può allo scolo delle acque, ed allontanarle dalle strade, gli è un principio di prima importanza.

La più vantaggiosa giacitura d'una strada in sito montuoso, siccome fu per noi di già notato, è quella che dicesi a *mezza costa*, metà in disterro e metà in riporto; dessa risulta dal tracciamento fatto col livello di pendìo.

La prima posizione della direttrice, data dalla traccia avuta col livello, vien di poi a modificarsi per le rettificazioni, ovvero congiugnimenti de' tratti successivi che costituiscono la traccia primitiva.

Se molto erta è la pendice, egli è manifesto che la parte in riporto debb'es-

sere rinfiancata da un muro di sostegno, il quale può essere, o di muratura ordinaria, od a secco.

Il vantaggio di questo secondo metodo consiste precipuamente nell'economia che ne risulta.

Adoperando questa costruzione la scarpa del muro debb'essere 1/4, o 1/6 della sua altezza; e, siccome generalmente in tal caso la fabbrica si eseguisce con la pietra che si trae dallo sterro, si può senza aumento di spesa dare a cotai muri una grande spessezza.

I muri di sostegno di fabbrica con malta di calcina e sabbia, sono oggetto di lusso che suole riserbarsi per le vicinanze delle città. La loro scarpa è di 1/12, e van provveduti di balestriere per lo discolo delle acque.

Ove per cagion di località abbiasi dovuto, nel tracciare una strada in sito montuoso, adottare il *maximum* della pendenza longitudinale, e che a siffatta circostanza si congiunga quella della molto erta pendice del monte, fa di mestieri provvedere alla sicurtà del viaggiatore, o mediante termini collocati sul ciglio della scarpa di sostegno, o, ch'è meglio siccome si disse, mediante una banchina, ovvero un parapetto.

Le precauzioni che prendonsi generalmente, a schermo del piede d'una scarpa di sostegno d'una strada stabilita su d'un monte, lungo la cui base scorra un fiume, consistono in una sassaia di grossi massi.

Si erge talvolta un muro di sostegno, il quale non sempre però basta; sicchè in taluni casi esso ha duopo a sua difesa d'une scogliera, o d'un paradore con pali.

Allorquando il monte presenti un suolo di roccia, e delle masse sporgenti che l'andamento stradale non ha potuto evitare, e ch'è forza abbattere per istabilirvi la strada, gli è quello il caso in cui questa va ridotta alla minima larghezza.

Ad evitare i grandi e dispendiosi tagli si lasciano talvolta le scarpe a riseghe pensili; il qual metodo per altro non è scevro d'inconvenienti, epperò ne sono rari gli esempi. Questo espediente è inoltre adottabile soltanto allorchè si tratti di roccia incapace di essere offesa e rovinata dalla gelata; nel caso contrario non rimane altro partito se non quello di perforare la rupe, facendo un passaggio sotterraneo, ovvero *galleria*. Le nuove strade d'Italia per lo Sempione e pel monte Cenisio ne offrono parecchi esempi.

Su d'un suolo roccioso non si cava la cassa per la massicciata. Si spiana solamente la roccia fino alla profondità di ($0^{m},16$) per distendervi gli ultimi due strati di pietrisco sempre indispensabili, comunque soda sia la roccia su di cui la strada è stabilita.

I cangiamenti nel profilo che le località possono richiedere, sia nella larghezza sia nella figura, si operano negli angoli in cui i successivi tratti s'innestano.

Cotali riduzioni non debbono essere rapide, ma preparate con anticipazione.

Questo principio è applicabile ad ogni sorta di strada.

Nelle mutazioni di profilo, gli accidenti delle pendenze, e le compenetrazioni de' successivi solidi della carreggiata che ne risultano, non si eseguiscono con rigorosa precisione: gli spigoli si sopprimono tondeggiandoli.

Non si possono in generale fare piantate di alberi nelle strade di montagna.

Le cause che le privano d' un così utile ornamento sono : la loro breve larghezza , la consueta aridità del suolo e la natura de' riempimenti, quasi sempre formati di frammenti di roccia. Ciò non pertanto fa duopo procacciar loro questo vantaggio sempre che le circostanze vi consentano.

Nelle strade di montagna si offre il bisogno più frequente di costruire ponti-rovesci ; ma in questa circostanza il profilo essendo a tetto , dessi van situati in direzione obbliqua all' asse della strada , son detti *ponti rovesci obbliqui* , ovvero in generale *canali traversi* e debbono essere costrutti in selciato.

Egli è palese che la loro più vantaggiosa situazione sia quella in cui alla maggior pendenza va congiunta la minor lunghezza.

Nel ricercare la direzione più vantaggiosa del canale traverso , fa duopo badare che non coincida con la diagonale del parallellogrammo formato dai punti d' appoggio delle vetture a quattro ruote.

La determinazione grafica di così fatto angolo da evitarsi si ottiene agevolmente.

La soluzione poi del problema della ricerca dell' angolo più vantaggioso per la posizione del canale traverso in una strada a tetto , appartiene alla Geometria elementare (1).

Avanti di por fine a ciò che si riferisce ai canali traversi giova avvertire , che qualora in un tratto di strada attraversato da piccolo burrone , si provveda allo scolo delle acque mediante un canal traverso , fa duopo collocarne lo sbocco nel modo più vantaggioso per l' agricoltura.

Abbenchè siasi fissato in generale il *maximum* della pendenza sì longitudinale che trasversale , vuolsi ciò non pertanto tener conto della tenacità del terreno sul quale le diverse parti della strada sono stabilite , e valersi nella determinazione delle pendenze , di ciò che la esperienza dell' effetto delle acque su di quel terreno sarà per suggerire.

Dopo la fatta sposizione de' principi sulla formazione de' profili delle strade

(1) Sopra di PB, e di BC (fig. 1. tav. II.) , proiezioni del profilo trasversale e del profilo longitudinale d'una strada, e formanti angolo retto, si prendano le parti AB , e CB uguali all' unità di misura. Rappresenti n il pendio trasversale al punto A , ed m il longitudinale al punto C , e sia $m > n$; si vuol determinare la proiezione della posizione BE d' un canale traverso tale, che abbia la maggiore possibile pendenza.

Per rinvenire nell' angolo PBO la linea di maggior pendenza BB', fa d' uopo trovare nel piano inclinato della strada una linea CD che sia orizzontale; ciò fatto egli è manifesto , che se dal vertice B si conduca la perpendicolare B B' , questa segnerà la linea richiesta ; la quale determinerà in proiezione l' angolo , che la direzione del canal traverso fa sulla strada con l' asse della medesima.

Poichè $m > n$ è chiaro che il punto D, di livello col punto C, debbe cadere sul prolungamento di AB ; ed agevolmente lo si troverà considerando che , essendo esso di livello col punto C, le pendenze assolute trasversale e longitudinale ne' detti punti, debbono essere fra loro uguali; cioè $(DA+AB)n = BC \times m$; ovvero, facendo $AD=x$, $(x+1)\,n = 1 \times m$; donde $x = \frac{m-n}{n}$, e quindi , $DB=\frac{m}{n}$, e $DC=\frac{\sqrt{m^2+n^2}}{n}$. Per conseguenza ricavasi cos. EDB = cos. OBE $= \frac{m}{\sqrt{m^2+n^2}}$, e cos. ECB = cos. PBE $= \frac{n}{\sqrt{m^2+n^2}}$

di montagna, e sui loro accessorî, è facile sceglier quello che meglio convenga ad un tempo, alla economia, ed alla solidità della strada, relativamente alle circostanze locali ed al sito. Ma, a stabilire un progetto ciò non basta: debbonsi ancora accennare alcune essenziali particolarità delle operazioni sul terreno; fa duopo esporre i metodi di tracciar le strade, e le considerazioni sulle quali si fonda la scelta delle direzioni, e la preferenza da accordar loro, a seconda de' diversi riflessi sì commerciali che militari.

Risolutosi dal governo l'aprimento d'una strada, ed additati i punti della partenza e dell'arrivo, l'esame delle diverse direzioni, e la scelta delle più vantaggiose, spettano interamente all'ingegnere.

Una ricognizione compiuta del terreno è indispensabile; per la quale riconosciutasi, sebbene provvisoriamente, la possibilità dell'esecuzione della strada, fa d'uopo l'ingegnere rilevi la mappa della contrada che la strada percorre, e faccia una livellazione, la quale determinerà la posizione della strada rispetto al terreno, e fisserà quella della direttrice; una memoria infine, in cui egli esporrà i motivi che han potuto determinarlo ad appigliarsi al partito che propone, accompagnerà il progetto, affin di porre il governo in grado di dare al suo lavoro l'approvazione necessaria per l'esecuzione.

I princìpi generali per lo tracciamento d'un andamento stradale sono:

1.° Farlo passare pel maggior numero possibile di siti abitati.

2.° Indirizzare i successivi tratti, per quanto il consentano le località, al punto di arrivo.

Queste sono le considerazioni commerciali alle quali importa di aver riguardo nell'interno del regno. Ma, ove la strada si avvicini ad una frontiera cui debba varcare, fa di mestieri che l'ingegnere introduca nella determinazione dell'andamento stradale anche le considerazioni militari. In tal caso la strada si fa passare per le fortezze e pe' fortini che muniscono la frontiera, ad oggetto di agevolarne le comunicazioni e gli approvigionamenti; si ha cura di eligere de'punti, e delle direzioni, che non siano dominate da eminenze poste all'altra banda della frontiera, nè con le medesime in rettifilo. Dovendo accedere al ponte d'un fiume di confine, sull'altra sponda del quale potrebbonsi dallo Stato limitrofo costruire opere difensive, è essenziale di non pervenirvi in linea retta, e molto meno nella direzione dell'asse del ponte. Gli è questo il caso di condurre per un certo tratto la strada parallellamente al fiume, e di congiugnerla al ponte mediante una risvolta bene sviluppata.

Dall'osservanza di questi princìpi nella determinazione d'un'andamento stradale risulta, che la proiezione dell'asse d'una strada, così in pianura come in siti montuosi, vienesi a comporre di più tratti rettilinei, formanti angoli fra loro ne'successivi punti d'incontro. Siffatti angoli vanno tondeggiati.

Prima di esporre i metodi pratici per descrivere sul terreno le risvolte, fa duopo si mostri sommariamente il modo di tracciare i tratti rettilinei.

È già noto che la direttrice è la proiezione dell'asse della strada, ovvero l'andamento topografico della medesima.

Questo, o è rettilineo, o curvilineo. Le parti curve non possono descriversi

sul terreno siccome sul progetto si è fatto: si fa uso di diversi metodi, coi quali si ottengono dei punti d' intersezione di linee rette.

I tratti rettilinei si segnano sul terreno per mezzo di paline (jalons).

Se i punti dati sono gli estremi, si situano le paline intermedie per modo che sieno tutte in un medesimo piano verticale, la quale operazione è agevolissima.

Ove nel tracciare un tratto molto lungo non si vada con precisione ad incontrare il punto estremo, si misura il divario ultimo, e quindi si trasportano le paline intermedie, tutte da quella stessa parte, per una quantità proporzionale alla rispettiva loro distanza da quel punto estremo.

Qualora i due punti estremi non siano simultaneamente visibili, si ricorre ai mezzi semplicissimi della trigonometria per tracciare il rettifilo.

Questi mezzi sono praticabili per le brevi distanze: chè per le lunghe, fa di mestieri una mappa a grande scala per ottenere sul terreno, schivando e circuendo gli ostacoli, i punti del rettifilo.

In tutti questi casi, allorchè gli ostacoli sono rimossi, fa duopo rettificare l'andamento con l' osservazione diretta.

In pianura l' andamento stradale è il primo elemento d' un progetto.

Le curve più usitate per le risvolte, ne'gomiti formati dall'incontro di due tratti, sono il circolo e la parabola.

I vertici degli angoli si situano, sempre che si può, sulle sommità, affin di sottrarli al colpo d' occhio.

V' ha tre metodi pratici per descrivere le curve delle risvolte.

La descrizione di tali tre metodi, ed il paragone de' rispettivi loro vantaggi, formeranno l' obbietto della seguente lezione.

SUNTO DELLA XIV.ª LEZIONE.

Metodi pratici per lo congiugnimento de' tratti ne' siti montuosi ed in pianura. Teorica e pratica della livellazione — Applicazione del livello ad acqua alla formazione d' un progetto di strada in pianura — Metodo in uso per riportare una livellazione — Sistema della generazione del terreno fra due profili trasversali.

Metodi grafici di congiugnimento.

1.º Metodo (fig. 2 Tav. II.)

Supposto l' angolo S A B uguale ad S B A, dividi il primo mercè del grafometro situato in A in più angoli uguali, e segna le intersezioni che otterrai su di S B, 1, 2, 3, ec. Ripeti la stessa operazione, situando in B il grafometro. I punti d' intersezione dei lati formanti angoli uguali, presi in ordine inverso, daranno la curva richiesta; la quale sarà circolare, stante che per la fatta costruzione, ciascun angolo alla periferia in M, M', M", sotteso dalla medesima corda A B, è d' un ugual numero di gradi.

2.º Metodo (fig. 3 Tav. II.)

Dividi A B per metà in C, e mena la S C; dividi per metà A S in S', e conduci S' S" parallella ad A B: il punto M d' intersezione apparterrà alla curva. Fa lo stesso nel triangolo A S' M, ed avrai un nuovo punto M'; e così di seguito, per tanti triangoli quanti ti piacerà farne, così dalla parte di A C, come da quella di C B, dai quali otterrai altrettanti punti della curva.

In questo metodo la S A può essere uguale, o disuguale ad S B. Sempre per altro la curva è una parabola: rapportata al suo asse, se A S = S B, o ad un diametro nel caso opposto.

Questa curva ha il vantaggio di scemar di curvatura secondo che si allontana dal suo vertice, per lo che il passaggio dal rettifilo alla svolta è poco sensibile.

3.º Metodo (fig. 4 Tav. II.)

Dividi A S ed S B ciascuna nello stesso numero di parti uguali fra loro. Congiugni ciascun punto di divisione della B S, compresovi il punto B, andando da giù in su, con ciascun punto di divisione della S A, venendo verso giù e compresovi il punto A; le successive intersezioni di tutte codeste congiugnenti prese a coppie nell' ordine testè indicato, apparterranno ad una curva tangente ai lati A S ed S B ne' punti A e B.

Questo metodo, che dà del pari una parabola, è più semplice de' precedenti e più agevole nella pratica,

Se due, o più congiugnimenti si seguono immediatamente, si dà loro sviluppo tale, che le ruote de' veicoli, quale che sia il loro movimento, trovino sempre un punto d'appoggio sulla carreggiata.

Terminato il tracciamento generale della strada, si segnano le estremità dei tratti mercè di grossi piuoli, e con de' più piccoli i punti intermedi; assicurandoli nel terreno con rincalzamento di terra, o di fabbrica, se l'importanza l'esige.

Le curve delle risvolte non si descrivono che nell'atto dell'esecuzione.

Le giravolte, ovvero congiugnimenti ripiegati, sono assai più frequenti ne'siti di montagna che in quei di pianura, e si descrivono col terzo metodo, ch'è particolarmente applicabile ai siti montuosi.

Tipo di questa specie di congiugnimento (fig. 5 Tav. II.).

Sia ASS'a il serpeggiamento de' tratti che voglionsi congiugnere mediante una curva ripiegata, e vogliasi in B collocare il punto di flesso contrario.

Si applicherà agli angoli S ed S' la terza maniera di congiugnimento.

Nei siti montuosi non sono sempre praticabili in modo diretto gli esposti metodi, a cagion degli ostacoli locali, che vietano la effettiva divisione de' lati dell'angolo, e di tirar le linee, dall'intersezione delle quali nasce la curva.

Si provvede a questi casi mercè d'una costruzione a tentone, che la pratica rende speditiva e dalla quale si ottiene una non dispiacevole curva, che soddisfa alle condizioni del problema.

Consiste un metodo sì fatto in tirare più corde, per le quali risulti un poligono contenuto nel gomito che deesi curveggiare, ed in adattare agli estremi di tali linee, ugualmente protratte al di là del poligono, delle saette arbitrariamente valutate, e che soglionsi accrescere in modo, che il poligono passi pei punti dati.

La pratica di cotal metodo vien dimostrata dalla (fig. 6 Tav. II.).

Sia B S A il gomito formato da due rettifili d'un andamento stradale avuto col livello di pendio, da convertirsi in risvolta mercè del precitato metodo.

Su di A S si segni da A verso S una lunghezza A A', p. e. di m. 10; si adatti nell'arco che si descrive col centro A e col raggio A A' una corda A'm lunga quanto si giudicherà opportuno; si prolunghi A m, e tagliata $m\ n = $ A A', descrivesi col raggio $m\ n$ un'arco uguale al precedente; o, se si vuole, maggiore o minore, secondo la maggiore o minor curvatura che si domanda nella risvolta; e si facciano le medesime operazioni infino a che non si pervenga al punto B.

Di rado interviene che in una sola volta si riesca a descrivere la curva fra i punti designati; ma l'ingrandire e l'impicciolire le corde è cosa agevole, e per poca abitudine che si abbia, dopo uno o due tentativi si ottiene il poligono, e quindi la curva che adempie alle condizioni della traccia.

Potrebbesi codesto metodo applicare eziandio ne' siti di pianura; ma, per evitare i reiterati tentativi, giova preferire, qualora non si oppongano le località, i metodi antecedentemente esposti.

Si è di già detto che il tracciamento d'una strada di montagna, è sì fattamente subordinato alle località, che per ottenerlo si richiedono metodi partico-

lari. Non è già desso, siccome in pianura, il risultamento d'una figura innanzi tratto delineata sulla mappa a tavolino: una strada di montagna si progetta sul terreno, nel tempo stesso che se ne traccia l'andamento; ma pria che si ragioni del metodo in questo caso usitato, conviene esporre alcuni particolari circa la teorica e la pratica dell'arte del livellare.

Quest'arte ha per iscopo la determinazione della quantità per la quale un oggetto, od un punto del suolo, sia più di un altro lontano dal centro della terra, ovvero da una linea da questo equidistante, e che dicesi linea di livello.

Si distinguono due specie di livello: il vero, e l'apparente.

Il livello vero è l'anzidetta linea equidistante dal centro della terra.

L'apparente è una tangente a questa linea.

Lo strumento detto livello ad acqua, che adoperasi nelle operazioni relative ai progetti di strade in pianura, ed in generale tutti gli strumenti da livellare, non somministrano che il livello apparente.

Si sono calcolate delle tavole che danno per tutte le distanze le corrispondenti parti esterne della segante; le quali tavole esprimono di quanto la tangente, ossia il livello apparente, è al disopra del livello vero: e con esse si correggono le operazioni, allorchè le distanze orizzontali dell'istrumento dai due punti d'una medesima osservazione non sono fra loro uguali.

Questo problema di geometria elementare, dà per una distanza di 1000 tese una depressione di lin. 132,166 del livello vero al disotto dell'apparente.

Ben radamente occorrono di cotali correzioni nelle livellazioni per lavori di strade, perciocchè si ha sempre l'attenzione di situare l'istrumento presso a poco nel mezzo di ciascuna stazione (1).

DISTANZE in metri	DIFFERENZE fra il livello vero e l'apparente	DIFFERENZE causate dalla refrazione	DISTANZE in metri	DIFFERENZE fra il livello vero e l'apparente	DIFFERENZE causate dalla refrazione
100	0,0008	0,0001	400	0,0126	0,0020
140	0,0015	0,0002	440	0,0152	0,0024
180	0,0025	0,0004	480	0,0181	0,0029
200	0,0031	0,0005	500	0,0196	0,0031
240	0,0045	0,0007	540	0,0229	0,0037
280	0,0062	0,0010	580	0,0264	0,0042
300	0,0071	0,0011	600	0,0283	0,0045
340	0,0091	0,0014			
380	0,0113	0,0018			

(1) Allorchè trattasi di operazioni più gelose che non sono quelle del tracciamento delle strade, come sarebbero quelle relative alla condotta delle acque, si fa uso del livello a cannocchiale ed a bolla d'aria, siccome quello i cui resultati sono di gran lunga più esatti.

In una livellazione lungo l'asse longitudinale d'una strada, con ciascuna stazione si paragonano almeno due punti, che diconsi, l'uno *punto innanzi*, l'altro *punto indietro*; gli altri punti osservati, se ve ne saranno stati, diconsi *punti intermedi*.

Ciascuna stazione costituisce una livellazione semplice.

Una livellazione che risulta da più stazioni successive, è una livellazione composta.

Ciascuna parte d'una livellazione semplice, si congiugne alla composta mediante il suo punto indietro, il quale ha servito di punto innanzi nella stazione precedente, e che però stabilisce la relazione di sito fra tali due stazioni.

L'esattezza richiede che i punti da osservarsi non sieno discosti dall'istrumento più di 30.^{m}, quando si fa uso del livello ad acqua, ch'è il più usitato per le operazioni relative al tracciamento d'una strada in pianura.

In una stessa stazione si prendono tutt'i punti intermedi che abbisognano al progetto, indi si rimove l'istrumento, e si situa verso il mezzo dell'intervallo che costituisce la seconda stazione.

Egli è chiaro, che non è necessario situare l'istrumento nel piano verticale dei due punti da osservarsi. I raggi visuali essendo sempre in uno stesso piano orizzontale, essi determinano, qualunque sia il sito del livello, le depressioni rispettive dei punti del terreno rispetto a quel piano.

È necessario serbare un certo ordine nella formazione dello schizzo della livellazione che fassi sul terreno, affin di evitare gli equivoci.

Dagl' ingegneri de'Ponti e Strade si costuma di scrivere verticalmente le cifre indicanti le differenti altezze, accosto alle perpendicolari elevate sulla orizzontale dinotante la linea di livello; l'altezza del punto innanzi, e quella del punto in-

---

E, non essendo sempre possibile di situarlo nel mezzo delle stazioni, le quali sono daltronde per l'ordinario di lunghezza assai maggiore di quelle che si fanno col livello ad acqua; sovente occorre il caso di dover correggere le operazioni, non solo della differenza fra il livello vero e l'apparente, ma di quella eziandio prodotta dalla refrazione. Però abbiamo stimato utile provvedere questo libro della tavola che qui sopra si vede, e che abbiamo cavata dalla tabella IV del trattato di Topografia, di Agrimensura e di Livellazione del Puissant, arrestandoci alla distanza di metri 600, perchè avvisiamo che ciò possa bastare ai bisogni ordinari della pratica.

Pei casi di distanze maggiori, o in essa non registrati, ci contenteremo di rammentare i noti principi che han servito alla formazione della medesima, e che potranno servire a calcolare le differenze fra il livello vero e l'apparente, e quelle causate dalla refrazione per una qualunque distanza, cioè; *che le differenze fra il livello vero e l'apparente sono fra loro nelle ragione de' quadrati delle distanze*; e che *l' abbassamento prodotto dalla refrazione debbe ritenersi uguale a* 0,16 *della corrispondente differenza fra 'l livello vero e l' apparente*. I quali due principi possono così esprimersi algebricamente:

$$x:x'=d:d';$$
$$r=(0,16)\,d;$$

intendendosi per x, ed x' le differenze fra il livello vero e l'apparente, per d, e d' le distanze, e per r l'effetto della refrazione. T.

dietro, scrivonsi, la prima a sinistra, la seconda a destra delle corrispondenti perpendicolari. Di tal che ciascun punto estremo d' una stazione, ovvero livellazione semplice, trovasi doppiamente cifrato, e ciascun punto intermedio non ha che una sola cifra.

Al di sotto delle perpendicolari si disegnano gli accidenti, o sinuosità del suolo. Questa precauzione è intesa ad allontanare gli equivoci.

Fra ciascuna coppia di perpendicolari si nota sulla linea di livello la distanza orizzontale che le separa.

La fig. 9 Tav. I. rappresenta la minuta, o schizzo d'una livellazione longitudinale, coi corrispondenti profili trasversali.

Egli è chiaro, che ad una sola debbonsi ridurre le diverse stazioni che costituiscono la livellazione composta. Una riduzione siffatta si eseguisce mediante l'operazione che dicesi *riportare una livellazione.*

Mercè di questa operazione, ch'è fatica di tavolino, si rapportano i profili a due assi differenti, e si ottiene una sezione verticale del terreno sul quale passa la direttrice.

Per riportare una livellazione, s'incomincia dal sottrarre dalla maggiore la minore delle due cifre d'indietro e d'innanzi di ciascuna stazione, ed alla differenza si dà il segno *più*, se la prima è minore della seconda, ed il segno *meno* nel caso opposto.

Queste differenze si scrivono orizzontalmente co'rispettivi segni sullo schizzo della livellazione, nell' intervallo formato dalle due perpendicolari cui appartengono.

Predisposto in questa guisa lo schizzo, per determinare la situazione al disotto dell' orizzontale del primo punto della livellazione, si assume per sua quota una cifra di altezza, tale, che se ne possa sottrarre la somma di tutte le differenze orizzontali negative, affinchè tutta la livellazione resti al disotto di codesta orizzontale. Le quote de' punti seguenti si compongono di quella prima, modificata in più, o in meno dalle differenze successive, e sogliensi scrivere in nero, e chiamarsi quote del terreno, a diffenza di quelle che addimandansi quote del progetto, che scrivonsi in rosso e delle quali tantosto terrem discorso (1).

Si delinea il terreno al disotto di codeste nuove altezze, e la livellazione è riportata.

Allorquando si voglia solamente conoscere la situazione rispettiva de'due punti estremi d' una livellazione composta, torna inutile il riportarla ed il costruire le

---

(1) Il riportare una livellazione composta, ad un solo piano di livello, riducesi a risolvere questo agevolissimo problema: *data una verticale ridotta*, *trovare la seguente a destra*; e la regola generale che se ne dà nei trattati di livellazione consiste: *in togliere dalla verticale ridotta data, la corrispondente vera, ed al residuo aggiugnere la verticale vera a destra: il resultato sarà la verticale ridotta seguente a destra che si cercava; e così per le altre* — Ora per poco che si ponga mente alla regola che si legge nel nostro testo, di leggieri si scorgerà, che non nel risultamento, ma solo nell' enunciato ne differisce. La prima pel suo carattere di generalità meglio si confa ad un trattato scientifico; la seconda è più comoda nella pratica. T.

linee del terreno: basta fare l'addizione di tutte le differenze di ciascun segno, sottrarre dalla maggior somma la minore, e la differenza, secondo che sarà positiva o negativa, determinerà di quanto l'ultimo punto si trovi al disotto o al disopra del primo.

Ogni livellazione, non escluse quelle de' progetti di strade, le quali non esigono precisione così rigorosa come quelle che si riferiscono a progetti di canali e d'altre opere idrauliche, ha bisogno d'essere verificata.

Per verificare le livellazioni relative a progetti di strade, basta rifarle a gran tratti di 2, o 300^m, e senza misurar le distanze: qualora il risultamento non differisca da quello della prima per più che 2, o 3 decimetri, si può conchiudere che l'operazione sia bastevolmente esatta.

Quanto alle livellazioni che han per iscopo opere idrauliche, elleno voglionsi eseguire con la più scrupolosa cura, col livello a cannocchiale ed a bolla d'aria, e ciascuna livellazione semplice in particolare deesi reiteratamente verificare, fino a che non si abbiano risultati affatto uniformi.

A stabilire un progetto di strada, non basta il profilo longitudinale: fa di mestieri conoscere eziandio la figura del terreno a destra ed a manca della direttrice, nel senso della lunghezza del progetto. Una cotal cognizione si ricava dai profili trasversali.

I profili trasversali vogliono esser tanti, quanti ne richieggono le località; dessi hanno un punto comune col profilo longitudinale, e, sommando, e sottraendo le differenze de' punti osservati a destra ed a sinistra della direttrice, si ottiene la configurazione del terreno in tutta l'estensione del profilo trasversale.

Questi profili trasversali van contrassegnati con numeri d'ordine, che mostrano la loro corrispondenza co' profili longitudinali.

Nell'eseguire le livellazioni si ha cura di far degli assaggi, per riconoscere la natura del suolo; non deesi insomma pretermettere alcuna notizia, che possa ulteriormente concorrere alla migliore determinazione del progetto.

Dai profili trasversali presi a coppie risulta il rilievo del terreno: quindi il terreno, da un profilo al seguente, è diviso in più solidi poliedri a superficie storte, generate dal moto d'una retta, che parallellamente al piano verticale passante per l'asse della strada, scorre con le sue estremità le linee del terreno, date dai profili trasversali.

Tal'è la generazione che si è prescelta pel terreno, onde agevolare le ulteriori operazioni.

Codesta ipotetica generazione del terreno, è diversa da quella immaginata dal fu senatore sig. Monge e dall'ingegnere Meusnier per la soluzioue grafica del problema di defilamento; nella quale il terreno è rappresentato da sezioni orizzontali praticate a differenti altezze, e contrassegnate da curve, ciascuna delle quali contiene tutte le quote d'uno stesso valore.

Allo scopo che l'ingegnere Meusnier si proponeva era necessario un metodo siffatto; ma quello adottato pei progetti di strade, comunque men rigoroso, offre risultamenti sufficientemente esatti.

Le sezioni, o profili trasversali, sono sempre normali alla direttrice; il loro nu-

mero vuol esser tale, e debbono essere per modo situati, che niuna quota intermedia s' abbia poi a desiderare, per la esatta rappresentazione del suolo interposto fra due profili.

Tutte queste particolarità si riferiscono alle livellazioni per progetti di strade di pianura: chè, per quelle di montagna, si eseguiscono con metodi più speditivi de' precedenti, non si prestando questi che con difficoltà al tracciamento di quella seconda specie di strade.

SUNTO DELLA XV.ª LEZIONE.

Del livello di pendio per tracciare le strade di montagna — Applicazione ad un tracciamento — Nuove considerazioni, e principi generali, applicabili al tracciamento di questa sorta di strade — Fissazione delle discese e delle salite su d' una livellazione riportata, fatta per un progetto di strada in pianura — Calcolo delle quote rosse verticali — Metodo per ottenere queste quote rosse nell' atto del tracciamento col livello di pendio, e senza riportare la livellazione.

Il livello più generalmente usitato per lo tracciamento delle strade di montagna, è quello che chiamasi *eclimetro*.

Desso è a bolla d' aria, ed è suscettibile di grande precisione.

La situazione della visuale è variabile dallo zero, che segna la linea orizzontale, fino alle più erte pendenze di cui è dato fare uso. La variabilità della linea di mira si ottiene mediante una pinnula verticalmente mobile, la quale mercè di una graduazione, le cui suddivisioni sono esattamente accennate da un nonio, dà le tangenti degli angoli di pendenza, dei quali la linea di mira è allora la segante.

La visuale dello strumento, essendo parallella alla linea di pendenza del progetto, l' eclimetro dà, senza che sia duopo misurare le distanze orizzontali, tutti i punti di pendio di cui s' ha bisogno sul terreno.

Tutti codesti punti a *zero* del terreno, determinano la direttrice della strada.

Siffatto strumento di molto accelera l' opera del tracciamento delle strade di montagna, ed offre il modo di saggiare in poco d' ora e successivamente parecchi andamenti stradali, che in varie maniere si sviluppano su d' una montagna, e fra i quali l' ingegnere prescelglie quello che offre i maggiori vantaggi (1).

Una strada di montagna può anche tracciarsi col consueto livello ad acqua, ma l' operazione è assai men sicura. Il riscontro delle due operazioni d' uno stesso tracciamento, fatto col livello di pendio, e col livello ad acqua, toglie ogni dubbio a questo riguardo.

Per tracciare una strada di montagna col comune livello ad acqua, è mestieri fare simultaneamente in ciascuna stazione una livellazione semplice, indi prepa-

---

(1) Il gran vantaggio, proprio di questo istrumento, consiste in dare immediatamente la pendenza per unità di misura di una inclinazione, senza bisogno di misurarne sul terreno la lunghezza.

Allorchè la linea di fede del nonio coincide con lo zero, la visuale è orizzontale; per il che quest'istrumento può eziandio servire, come gli altri livelli, a conoscere la differenza di livello di due punti: sia situandolo in uno di essi, sia ponendolo in un punto intermedio. Ma cotal differenza non è già la pendenza relativa per unità di misura, bensì l'assoluta corrispondente all' intera distanza che separa i due punti; e volendosi la prima, fa duopo misurare cotal distanza, e dividere la pendenza assoluta pel numero di volte che l'unità di misura è in quella contenuta.

Una minuta descrizione di così utile e comodo livello, potrà il leggitore rinvenirla nella già ricordata opera del Puissant a pag. 233. T.

rare l'asta di mira per una distanza convenuta e misurar questa sul terreno, descrivendo un arco cui dessa serve di raggio; il punto di tal arco, in cui la mira preparata come si disse, conviene con la visuale del livello, è il punto della traccia che si cerca: operazione non meno lunga che difficile, a cagion degli ostacoli in cui d'ordinario t'imbatti, e che ti contrariano nella descrizione dell'arco, e nelle osservazioni ch'è duopo tu faccia con l'istrumento.

Il paragone di codesti due modi di tracciar le strade di montagna, è manifestamente a favore del livello di pendìo.

Allorchè con questo istrumento si traccia la direttrice, per avere i profili trasversali si fa uso ordinariamente del livello ad acqua, o semplicemente d'una riga e d'un livello da muratore: cotale operazione, e quelle che talvolta è forza eseguire per ottenere dei punti estranei alla traccia, e necessari per la rettificazione delle curve della traccia primitiva, non ha luogo se prima questa non sia definitivamente fissata.

Additato l'uso del livello di pendìo e i suoi vantaggi, è tempo di ritornare al tracciamento delle strade di montagna, e di compiere ciò che ad un cotale obbietto si riferisce, sponendo alcuni generali principi, che hanno a servir di norma all'ingegnere nel tracciare codesta qualità di strade.

Pria d'incominciare una traccia sviluppantesi sulla pendice d'un monte, del quale debbesi superar la cima ond'escir da una vallata, fa duopo che l'ingegnere, alla compiuta cognizione del terreno, unisca in particolare quella della giacitura delle valli secondarie che sboccano nella principale, cui l'andamento stradale debbe fiancheggiare o attraversare. Quella fra le valli secondarie, che con la sua direzione più si avvicina all'andamento generale della strada, giova prescegliere per istabilirvi la traccia, prescindendo non pertanto da' riguardi dovuti alla natura del suolo: chè, la facilità negli sviluppi, e l'opportunità di usare dolci pendenze senza inutilmente allungare il cammino, sono tali vantaggi che non debbonsi giammai posporre. Ma, laddove sien dati di sito il punto nel quale debbesi lasciar la vallata, e quello in cui è mestieri raggiugnere la sommità, per ragioni di località alle quali sia il progetto subordinato, è forza allora stabilire l'andamento fra cotali punti estremi; e qualora la distanza diretta sia tale, che non si possano avere nel risultamento della traccia, pendenze che non eccedano il limite di 5 pollici a tesa, è in tal caso l'ingegnere obbligato di ripiegare l'andamento mercè di uno o più serpeggiamenti, affin di procacciarsi delle salite che sieno praticabili dalle vetture. Queste tracce a biscia offrono di molti inconvenienti: epperò non debbonsi adoperare se non dopo avere indarno tentato un tragitto diretto, ed essersi convinto della impossibilità di conseguirlo.

E di leggieri se ne ne ottiene il convincimento mercè del livello di pendìo, situandolo in un punto della vallata rispondente a quello di partenza, per modo che si scorga quello di arrivo in sulla cima, ed innalzando e dirigendo verso questo punto la pinnula mobile. Il piano acclive della visuale, essendo di poco diverso di quello che risulterebbe dalla traccia praticata sulla costa del monte, si può giudicare se l'inclinazione accennata dallo strumento, convenga o no al progetto, e se debba adottarsi il cammino diretto o quello a biscia.

Quando all'ingegnere mancasse il livello di pendìo, faria duopo, che prima di stabilire la specie di traccia che adotterà, determinasse mediante un' apposita livellazione fra quei due punti estremi l' altezza assoluta del monte; che facesse inoltre misurare la distanza che li separa, seguendo l' acclività del piano che li congiugne; e che infine dividesse l' altezza assoluta per questa lunghezza, onde avere la pendenza che ad ogni tesa della traccia corrisponderebbe.

Potrebbe invero l' ingegnere abbreviare l' opera di codesta particolare livellazione, destinata alla ricerca dell'altezza rispettiva de' due estremi punti della traccia, prevalendosi d' un barometro portatile in luogo del livello ad acqua, e calcolando i risultamenti delle osservazioni mediante la formula di Prony, inserita nel suo *Corso di Meccanica*. Quando la differenza delle altezze non eccede li 1200, o 1500 piedi, e trattandosi di progetto di strada, la loro posizione si ottiene con assai di esattezza; ma è sempre poi necessario di misurare la distanza che li separa per conoscere la pendenza della traccia: per il che l' uso del barometro nel tracciamento delle strade, non è così vantaggioso come quello del livello di pendìo; ma è da commendarsi per la ricognizione d'un terreno, sul quale abbia a stabilirsi un canale a doppia pendenza.

In tutt'i casi del tracciamento d' una strada di montagna, egli è un principio generale di non usare una pendenza uniforme in tutta l'estensione dello sviluppo, ma sì d'impiegare nel basso le salite più ripide, e di raddolcirle a misura che si approssimano alla sommità del monte.

Questo modo di distribuire le varie pendenze, ha per iscopo di agevolare il corso de' veicoli a misura che le forze del cavallo si esauriscono; ma, non è poi un cotal principio siffattamente di rigore, che debbasi anche osservare quando fosse per risultarne un notabile aumento di spesa.

L'economia e la solidità richieggono che una metà della strada sia in riporto, e l' altra in isterro; ossia che la direttrice si trovi a zero del terreno. Questo principio è stato di già stabilito, allorquando si è ragionato de'profili a tal sorta di strade applicabili.

Perchè una tal condizione resti adempiuta, è forza che l'andamento stradale segua tutte le sinuosità della costa del monte: dall' osservanza del qual principio risulta, che la traccia si viene a comporre d' una sequela di linee curve rientranti e sporgenti.

L' andamento stradale è duopo che passi pe' punti obbligati dati dal livello; ma si sacrificano per altro alla bellezza della strada quelli fra essi il cui effetto fosse per tornare spiacevole alla vista. Ciò non pertanto le rettificazioni di cui tantosto sarà parola, non debbono deviare dal primitivo tracciamento se nol consentono le località, e se fossero per risultarne troppo considerevoli movimenti di terra.

Le quante volte vi sono de' punti obbligati dai quali non si può l' andamento allontanare senza grave inconveniente, partiscono dessi il progetto totale in parziali progetti, ed ordinariamente accrescono le difficoltà; laddove in pianura questa stessa circostanza agevola talvolta lo stabilimento d' un progetto.

Le più dolci pendenze vanno impiegate nelle risvolte a biscia, in dove servono di pianerottolo, su cui possono i veicoli fermarsi senza pericolo.

Fa d' uopo evitare il salire per nuovamente discendere, e saper soprattutto opportunamente abbandonare il fianco del monte sul quale si distende l'andamento.

Semprechè le circostanze non ostino, l'esposizione al mezzogiorno è quella che va di preferenza prescelta per collocarvi lo sviluppo della strada.

Tali sono i princìpi generali per lo tracciamento delle strade di montagna mediante il livello di pendio.

Pria d'esporre i particolari delle operazioni necessarie ad ottenere le correzioni di cui la traccia primitiva è capace, fa duopo ritornare ai progetti di strade in pianura, ed indicare il lavoro da farsi a tavolino, onde stabilire su d'una livellazione riportata le discese, e le salite, che insieme compongono il progetto. La cognizione di queste operazioni è necessaria per le rettificazioni d' una traccia in siti montuosi, alle quali esse possono anche applicarsi.

La livellazione longitudinale riportata, e combinata con le sezioni trasversali, offre le considerazioni essenziali per lo tracciamento delle pendenze.

Economia ne'movimenti di terra, compensazione fra lo sterro ed il riporto e facilità di careggio, sono le considerazioni che stabiliscono la scelta delle pendenze da adottare.

Le linee di discesa e di salita vogliono essere quanto più è possibile parallelle al terreno.

Salire per poi discendere, e quindi nuovamente salire senza assoluta necessità, è vizio evitando.

Le pendenze per le strade di prim'ordine, agli accessi di grandi città, non vogliono aver lunghezza minore di 600 metri.

Una tal lunghezza va ridotta nelle strade minori fino a 4, 3, ed anco 2 cento metri.

Non si hanno princìpi diretti per fissare il sistema di pendenze che costituisce l'insieme d' un progetto. Ma dietro l' esame del profilo longitudinale, l' esperienza addita facilmente all' ingegnere, ciò che v' ha di meglio a praticare.

Si saggia una prima idea, e, non soddisfacendo, se ne pruova una seconda; si fanno quindi i calcoli de'movimenti di terra per ciascuno de' sistemi provati, si paragonano, ed infine si sceglie il più vantaggioso.

Il progetto totale è sovente diviso in più progetti parziali dai punti obbligati: circostanza che, siccome si disse, agevola in pianura lo stabilimento d'un sistema di pendenze.

La ricerca dell' egualità fra lo sterro ed il riporto in un progetto di strada, non è tal problema, che possa venire dalla geometria rigorosamente risolto. Pur tuttavolta la considerazione dell'effetto delle pendenze proiettate sul profilo longitudinale, nel rispetto de' cavamenti e de' riempimenti che ne risultano, suol fornire sufficienti indìzi per determinarne provvisionalmente la posizione.

Si prendono a considerare più profili insieme; e, diligentemente esaminando i risultamenti capaci di essere scorti a prima vista, si rettifica quella prima idea con aumentare o diminuire il numero de' profili; finalmente disponesi nel migliore possibile modo un sistema di pendenze, che possa convenire al terreno, avendo riguardo alle altre condizioni, dell' economia ne' movimenti di terra, e della facilità del carreggio.

Onde supplire alla mancanza di principi rigorosi in questa parte, si dà il saggio d'un sistema di pendenze, accennando i motivi della loro determinazione, su d'una porzione di livellazione la cui minuta è riportata a (fig. 7 tav. II.ª)

Agevolissimo è il modo con cui si perviene alla determinazione delle pendenze, e delle quote rosse che ne risultano, le quali indicano i tagliamenti ed i riempimenti: non si vuole che un po' d'attenzione, e ciascuno può crearsi un metodo proprio. Io fommi ad esporre quello che generalmente seguono gl' ingegneri di ponti e strade. Codeste quote rosse sono così chiamate, perchè si costuma di scriverle con l'inchiostro rosso, affin di contraddistinguerle da quelle del suolo, che scrivonsi col nero.

Il pendìo per unità di misura in lunghezza, si ricava dividendo la pendenza assoluta della salita o della discesa per l'intera lunghezza di questa. Si ottiene l'assoluta pendenza con sottrarre dalla maggiore delle due altezze estreme del progetto, la minore.

Ciascuna quota rossa risulta dal paragone di ciascun' altezza della livellazione con ciascuna delle novelle quote del progetto; le quali ultime si ottengono aggiugnendo o sottraendo, a tenore della figura del suolo rispetto al progetto, quantità che sono tutte note.

Un tipo del calcolo d'una salita, e delle quote rosse che ne risultano, applicato alla porzione di livellazione rappresentata dalla (fig. 7 tav. II.ª), nella quale la A'B' indica la linea della salita proiettata, mostrerà l'andamento di cotal metodo.

Le quote rosse de'due punti estremi sono, in. . . . . $\left\{\begin{array}{l} A' = 4.\ 62 \\ B' = 0.\ 89 \end{array}\right\}$ E si suppongono in rialzo.

La lunghezza della salita.	=	48^m
La pendenza totale o assoluta	=	1, 64
La pendenza per metro	=	0, 034
L'altezza del progetto nel punto A è. . . .	=	6, 38
Dalla quale detratta la quantità per la quale la salita si è alzata in M'=0,034×15. . . .	=	0, 51
Si ha l'altezza del progetto nel punto M' . .	=	5, 87
La quota del terreno è	=	9, 16
La differenza fra questi due numeri, dà la quota rossa del punto M'.	=	3, 29
La quale accenna un riporto, poichè la quota del terreno è maggiore di quella del progetto.		

Lo stesso semplicissimo andamento si tiene per ottenere le quote rosse de'punti N', e B'.

Rinvenuta la pendenza e le quote, e riconosciuto che la linea di salita o di discesa soddisfa alle volute condizioni ed agli accennati principi, scrivonsi quelle quote in rosso; ed una volta scritte sul profilo longitudinale come sui trasversali, il progetto rimane fissato, ed il modello grafico è in grado di ricevere gli altri numeri rossi orizzontali necessari al calcolo de' volumi di terra.

Si ritorni alle correzioni da farsi ad una traccia di strada di montagna eseguita col livello di pendio.

Si disse che faceva duopo aggregare alla traccia primitiva, e mercè del livello ad acqua i punti che se ne discostassero, sia nel fine di procacciarsi in alcuni luoghi di più aggradevoli curve, sia che si vogliano schivare degli ostacoli, sia per convenientemente collocare talvolta un ponte od una chiavica su d'un burrone che hassi a valicare.

Dopo avere giusta gl' insegnati metodi descritte sul terreno le curve che soddisfano alle adottate rettificazioni, si costuma comunemente di riportare su d'un particolare profilo le parti rettificate del progetto, e di far quindi a tavolino con queste parziali livellazioni i calcoli e le operazione della determinazione delle pendenze, e della ricerca delle quote rosse, siccome si espose pei progetti di strade di pianura.

Ma si può ancora, ed anzi torna meglio, risparmiarsi codesta fatica da tavolino determinando sul terreno le pendenze, e ricavando le quote rosse delle parti rettificate nell'atto stesso che si eseguisce la livellazione. Un cotal metodo, oltre all'accorciare la fatica dell'ingegnere, riunisce il vantaggio di fargli immediatamente conoscere gli smovimenti di terra risultanti dalle rettificazioni, e di mostrargli quindi, s' elle sono praticabili, o s' è uopo rigettarle per tentarne di più economiche.

Il metodo e l'ordine di operazione siffatta, sono esposti nella seguente tabella: offre la medesima la formola e tutt' i dati necessarî per rinvenire mercè di semplici addizioni e sottrazioni le quote rosse per tutt' i punti della novella traccia. Questa parziale livellazione vedesi nella fig. 9.ª tav.ª I.ª

La perfetta rispondenza delle quote rosse ottenute per questo modo con quelle pur ora calcolate, consacra l' esattezza della formola, della quale è d'altronde agevole il rendersi ragione, per qualsivoglia disposizione del progetto in rispetto al suolo.

La formola per avere la quota rossa che segue, è $(A \pm P \pm C) - B = C'$. C è la quota rossa del punto a sinistra, C' la quota rossa che si cerca, A l'altezza dell'osservazione a sinistra, e B quella dell'osservazione a destra.

I segni che affettano le quantità P e C vanno presi così:

Per P { + s' è una discesa; — s' è una salita

Per C { + in caso di sterro; — in caso di riempimento.

PROSPETTO

Indicante le pendenze e le quote rosse della livellazione longitudinale.

Numeri de' picchetti.	Distanze fra i picchetti.	±P +nelle salite —nelle discese per la distanza qui di costa annotata	±C + pel disterro —pei riporto all'estremità, ovvero originè della pendenza, cioè quota rossa di quel punto.	ALTEZZE OSSERVATE in ciascuna stazione parziale. Altezza a sinistra A	 Altezza a destra B	C' Formula per calcolarla: $C' = A \pm P \pm C - B$ Avvertendo di assegnare a ciascuna quantità il segno che le compete, come dalle indicazioni.
1	»	0,0	—4,62	» »	» »	—4,62
2	15	—0,51	—3,29	2,56	0,72	—3,29
3	15	—0,51	+2,36	6,28	0,12	+2,36
4	18	—0,61	—0,88	0,89	3,52	—0,88

SUNTO DELLA XVI.ª LEZIONE.

Punti di passaggio — Quote rosse trasversali — Distanza orizzontale, che determina il punto di passaggio dell' incontro di due pendenze — Cubatura dei solidi — Decomposizione dei solidi — Lavori di terra — Trasporto dei disterri e modo di valutarli — Tabella della calcolazione dei solidi.

Il *modello grafico*, ovvero *lineamento* (épure) d' una strada, è un disegno completivo del progetto, che determina le forme e le dimensioni dei solidi di sterro e di riporto.

Gli spigoli, e quindi le facce superiori ed inferiori de' solidi, appartengono rispettivamente alla superficie del progetto ed a quella del terreno.

L' intersezione di queste due superficie costituisce i così detti punti di passaggio.

I punti di passaggio ritrovati per gli spigoli che sono il limite di codeste superficie, debbono essere congiunti a due a due. Le linee congiugnenti determineranno il passaggio dallo sterro al riporto, e viceversa.

Ciascun punto di passaggio vien fissato dalla distanza orizzontale che serba dal profilo trasversale, preso per la sua determinazione.

Codeste distanze per lungo, e le larghezze date dai profili trasversali, sono due dimensioni fra loro perpendicolari, che costituiscono le basi dei solidi degli sterri e de' riporti; le quote rosse sono la terza dimensione verticale di così fatti solidi.

A determinare un punto di passaggio fa duopo conoscere la pendenza del progetto, quella del terreno e la distanza verticale che le separa.

Le quote rosse del profilo longitudinale van quindi cercate le prime.

Queste, notate primieramente sul profilo longitudinale, sono dipoi riportate nei punti del profilo trasversale cui appartengono.

Determinato cotal punto mercè della scala, si situa e si delinea il profilo.

Si compie quindi la calcolazione delle quote rosse trasversali.

Ciascuna delle quote rosse trasversali, è la quota dell' asse della strada, modificata in più od in meno a seconda della figura del suolo e della legge di pendenza adottata per le varie parti che la compongono.

Le quote rosse orizzontali si ottengono mediante le formole che qui appresso si daranno, le quali abbreviano i calcoli, e risparmiano i ragionamenti che bisognerebbe fare, per rinvenire cotali quote senza il sussidio di quelle.

Un esemplare di questo calcolo per le quote rosse del profilo trasversale, osservasi praticato per alcuni punti della parte destra del profilo IXX Tav. V.

Fa di mestieri ricercar le quote rosse per tutte le parti costituenti il profilo trasversale, e per tutte le flessuosità del suolo.

Di leggieri si dimostra esse mM, ovvero $x = \frac{PT \times AB}{S}$, la formola per avere la distanza orizzontale de' punti di passaggio fig. 8 Tav. II., risultando essa dalla similianza de' triangoli che compongono la figura, nella quale PT è la quota rossa

a sinistra, AB è la distanza orizzontale fra le due quote rosse estreme, ed S indica la loro somma.

Non meno agevole è la dimostrazione della formola che dà la distanza orizzontale dell' incontro di due declivî, de' quali è nota la legge di pendenza.

Primo caso (fig. 9 tav. II).

Allorchè uno de' pendî è in discesa e l'altro in salita, LC ovvero $x = \frac{AT}{P+p}$; in dove AT è la quota rossa, P la pendenza del progetto p quella del terreno.

Secondo caso (fig. 10 Tav. II).

Allorquando i declivî pendano per lo medesimo verso, LC, ovvero $x = \frac{AT}{P-p}$: le lettere rappresentano lo stesso che nel primo caso (1).

Predisposta in tal guisa la livellazione, si hanno tutte le dimensioni necessarie alla calcolazione de' solidi di sterro e di riporto.

Secondo la ipotetica generazione adottata per lo terreno e pel progetto, ogni solido interposto fra due profili aderisce al progetto, ed ha quindi per base una superficie piana.

Codesti solidi sono divisi longitudinalmente da piani verticali parallelli. Se le quattro quote rosse corrispondentisi a due a due in due consecutive sezioni trasversali sono tutte in disterro od in riporto, i solidi saranno relativi a questa circostanza, e della specie indicata dalla natura delle quote: la base sarà quadrilatera.

Ove le quote rosse corrispondenti sieno le une in disterro e le altre in riporto, saravvi allora solido in cavamento e solido in alzamento. Le basi sono per l'ordinario dei trapezî, di cui il lato che passa pei punti di passaggio è quello cui non corrisponde lato parallello; talvolta i due solidi risultano l'uno di base trapezia e l' altro di base triangolare.

Tal' è il risultamento generale della decomposizione de' solidi fra due sezioni.

Per calcolare siffatti solidi essi dividonsi secondo la figura della base in tre specie.

---

(1) I due triangoli PMT, EMR (fig. 8 Tav. II) simili fra loro, danno Mm' : Mm = ER: PT, ovvero AB : Mm = S : PT; d'onde $Mm = \frac{PT.AB}{S}$. Le altre due formole sono chiare per se stesse ove si ponga mente che, come all' unità di distanza la somma e la differenza delle pendenze sono $P+p$, e $P-p$, così alla distanza LC elleno sono uguali alla quota rossa AT. T.

B è la superficie della base; H, H', H'', H''' sono le altezze: S è la solidità.

La prima specie abbraccia i solidi di base triangolare. Essi possono avere una sola altezza, due, o tre; nel quale ultimo caso la formola è:

$$S = B \times \frac{H+H'+H''}{3}$$ (fig. 11.).

Appartengono alla seconda quelli di base quadrilatera, che possono avere una sola, due, tre, o quattro altezze. In questo caso la formola è:

$$S = B \times \frac{H+H'+H''+H'''}{4}$$ (fig. 12.).

Quei della terza sono di base trapezia, la quale dividesi in due triangoli di cui la somma delle aie è B'+B''.

Due casi possono occorrere.

1.° Quattro altezze uguali, o due uguali sui lati parallelli—Formola:

$$S = B'\frac{(H+H'+H'')}{3} + B''\frac{(H'+H''+H''')}{3}.$$

2.° Quattro altezze disuguali (fig. 13)—Formola:

$$S = B'\frac{(2H+2H'+H''+H''')}{6} + B''\frac{(2H'''+2H''+H'+H)}{6}$$

Nell' applicare codeste formole alla cubatura dei solidi, un tratto curvilineo riguardasi come rettilineo, prendendosi per la curva la sua tangente. Comunque non rigoroso, il risultamento è abbastanza esatto per l'obbietto di cui si tratta.

L' applicazione di questa teorica alla decomposizione, alla calcolazione ed allo scrivimento de'fattori de' solidi di sterro e di riporto del modello grafico Tav. V. formano l' oggetto della tabella posta in fine della presente lezione.

Stabiliti i principi, disegnati i modelli e comunicati i reassunti delle lezioni, debbono essi bastare agli allievi, perchè sieno in grado di formare un progetto di strada.

Riconosciuto sul terreno il tracciamento d'un profilo, ben verificati i paletti, sì per la loro situazione che per la loro altezza, si procede all'esecuzione.

Si rimette all' intraprenditore il profilo longitudinale una co' profili trasversali, nei quali niuna di quelle cose è stata trasandata, che regolano la esecuzione.

Costui debbe eseguire i movimenti di terra in conformità de' profili e del computo metrico, affin di non incorrere in false operazioni; il prezzo che gli fu aggiudicato sull' estimo particolarizzato dell' ingegnere, è basato sull' ipotesi della più bene intesa distribuzione degli sterri e dei riporti.

È essenziale di non permettere che i soli disterri voluti dal progetto.

A mostrare con più evidenza agli artefici le principali forme del progetto, si costuma di fare un profilo di strada rilevato o cavato per ciascuna estremità di pendenza.

I punti interposti fra questi estremi si stabiliscono mercè di visuali.

Affin di evitare il più che si può i cedimenti, fa duopo eseguire i riporti per

istrati di due decimetri di altezza; i quali van diligentemente pigiati, massime se trattisi di rilevati, su di cui un corso d'acqua od un canale abbiano a stabilirsi.

Nelle parti in riporto si eseguisce totalmente con terra l'insieme della strada, indi si cava il vuoto dell' incassatura.

Il trasporto delle terre si fa o con la pala, o con carriuole o con barozze. Il prezzo dei trasporti è relativo a ciascuno de' cennati mezzi.

L' uso della pala ha luogo per le brevissime distanze.

La carriuola si suole adoperare fino a 160 metri, oltre il qual termine i trasporti si eseguiscono con le barozze.

Uua carriuola contiene ordinariamente m. 0,04 cubi, circa piede uno ed un sesto cubo. Spinta da un uomo di mezzana forza percorre 30000 metri al giorno per andare e venire su d' un suolo quasi che di livello.

Laonde può trasportare 10 metri per giorno alla distanza di 60 metri, compresivi il viaggio ed il controviaggio.

Ed è appunto questa la quantità che un uomo comunemente cava e carica in un giorno.

La stazioni o fermate per la carriuola sono di 30 metri in pianura, e di 20 in salita.

Dai dati enunciati si può desumere la maniera di estimare il trasporto con la carriuola, riducendo a giornate d' operai le svariate operazioni cui dà luogo, e supponendo che si tratti di terre ordinarie e facili a caricare.

	giornate
Il trasporto d' un metro cubo con la carriuola esige di giornate d'operai per ciascuna fermata di 30 metri	0, 069
Il caricamento del veicolo ed il tempo perduto valutati in una	0, 006
Importo totale della fermata	0, 075
Il prezzo del caricamento è lo stesso di quello della fermata	0, 069
Lo spianamento e la pigiatura richiedono per metro cubo	0, 017
Il cavamento in terra usuale	0, 023

Se il cavamento richiedesse due uomini, valuterebbesi il doppio ec.

Questi resultati si sono avuti da accurate sperienze; ma quando si è destinato al regolamento di grandi opere, vuolsi aver cura d'instituirne de'nuovi, poichè i differenti terreni offrono di grandi varietà ne' risultamenti.

Aggiugnesi a codeste valutazioni l'importo della manutenzione degli ordegni ed il benefizio dell' intraprenditore.

Il prezzo dei trasporti con le barozze o carretti dipende da diversi dati.

I dati sono: la capacità del veicolo, il cammino che percorrono, ed il prezzo della giornata d'un carretto col suo condottiero.

Si distribuiscono per modo che siavi sempre un carretto al caricamento, e che il condottiero del vuoto possa trovarne e prenderne uno carico, per ritornare immediatamente e senza indugio al riporto.

Il *camion*, piccola carriuola inventata dal Perronet, è il più vantaggioso veicolo per lo trasporto delle terre.

Suol capire m. 0,26 cubi. Quattro nomini la possono trascinare, ed un cavallo ne trae due alla volta.

Si è osservato che il trasporto per siffatto veicolo, quando sia ben regolato, costa assai meno di quello, che si eseguisce con gli ordinari carretti.

I particolari che a cotal genere di vettura si riferiscono, ritrovansi nell'opera del Perronet (1).

Allorchè gli sterri sono troppo lontani dai riporti, è forza deporre le terre lateralmente alla via, in modo che non vi possano ricadere. Siffatta operazione, ch'è bene di praticare il men possibile, addimandasi *ammonticchiare gli sterri* (retrousser les déblais).

I riporti fannosi allora a prestanza.

Il caso in cui giova questo metodo si é allorquando la spesa del solo trasporto dello sterro, supera quella del trasporto e dello scavo della prestanza, più l'indennità che va pagata al proprietario del suolo danneggiato.

Ma codesto sistema é oltremodo pregiudizievole all'agricoltura, epperò convien ricorrervi il meno che si può.

Le prestanze, allorquando sia forza il farne, fa duopo che non portin via l'intero strato di terra vegetale.

Ove questo strato sia di poca altezza, si toglie, ma serbasi in deposito: si cava la terra di cui si ha bisogno, e quindi spandesi la terra vegetale entro il cavo.

Gli scavi a prestanza van fatti parallellamente alla strada e di larghezza uniforme.

Il volume d'una terra ordinaria adoprata in un riporto si accresce di circa un sesto.

La distanza media di trasporto è una distanza fittizia comune al disterro di tutto un solido destinato a formare un riempimento: il prodotto di tal distanza per la massa totale pareggia la somma de' singoli prodotti per lo cammino realmente percorso.

La economia e la giudiziosa distribuzione degli sterri richieggono che sì fatta distanza sia un *minimum*.

La ricerca della media distanza offre nell'analisi di grandi difficoltà.

Se ne occupò il fu senatore Monge, ma nella pratica della costruzione delle strade rade volte puossi fare uso del suo lavoro.

La meccanica porge un modo di rinvenire la distanza media, il quale è generalmente adoperato.

Ei si dimostra di leggieri come la media distanza d'un solido di sterro a quello

---

(1) Addimandano *camion* i francesi una specie di carriuola a due ruote, con la cassa di figura piramidale, posta in bilico fra i due cosciali e giacente per la metà circa della sua altezza disotto e per l'altra metà di sopra di essi; il bilico è sito un po' più basso del centro di gravità della cassa, in guisachè si arrovescerebbe questa, ove un gancio aderente ad uno de' cosciali non la tenesse ritta durante il cammino, ed il quale si scioglie quando è tempo di vuotare il veicolo. T.

di riporto dal primo formato, sia la distanza orizzontale che separa i centri di gravità dell' uno e dell' altro solido.

Per si fatta regola si ritrova la distanza media per tutti gli sterri — Dessa pareggia la somma de' singoli prodotti di ciascun solido di sterro destinato a riempimento per le distanze de' centri di gravità, divisa per la somma de' cubi.

L'applicazione di cotal formula incontra eziandìo delle difficoltà nella pratica, atteso che i solidi di sterro sono di rado uguali a quei di riporto.

Nel qual caso si procura di distribuire i disterri nel miglior modo possibile — L' eccedente disterro d' un solido di cavamento sul rispondente di riporto, adoprasi a formare il seguente solido di alzamento: ovvero si ammonticchia in disparte.

L'uso degli sterri vuolsi con chiarezza indicare nel computo metrico dell'opera, quando essa si faccia per aggiudicazione, acciocchè l' intrapreditore non incorra in vane operazioni.

Esemplare del modo di tener registro de' diversi solidi, ovvero calcolazione de' movimenti di terra d'una porzione del progetto di strada relativo al modello grafico della Tav. V.

INDICAZIONI	DIMENSIONI	SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
Dal XVIII al XIX profilo		*metri*	*metri*	*metri*	
Porzione a destra dell'asse della strada					
CAPOSTRADA					
TRAPEZIO A — I.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. m. 4,51; $^1/_6$ Alt. 1,65	7,44			
TRAPEZIO A — II.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 4,90; $^1/_6$ Alt. 1,61	7,89			
		15,33			
	Larghezza comune	3,00	45,99		
TRAPEZIO A' — I.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 2,99; $^1/_6$ Alt. 1,03	3,08			
TRAPEZIO A' — II.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 2,60; $^1/_6$ Alt. 0,93	2,42			
		5,50			
	Larghezza comune	3,00	. . . .	16,50	
PASSEGGIATOIO					
TRAPEZIO B — I.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 5,52; $^1/_6$ Alt. 1,92	10,60			
TRAPEZIO B — II.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 6,03; $^1/_6$ Alt. 2,06	12,42			
		23,02			
	Larghezza comune	1,00	23,02		
TRAPEZIO B' — I.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 1,98; $^1/_6$ Alt. 0,60	1,19			
TRAPEZIO B' — II.° Triangolo	$^1/_2$ Lung. 1,46; $^1/_6$ Alt. 0,57	0,83			
		2,02	. . . .	2,02	
	Larghezza comune	1,00			
Sommano e si riportano. . .		. .	69,01	18,52	

INDICAZIONI		DIMENSIONI	SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
			metri	metri	metri	
		Riporto. . .	. . .	69,01	18,52	
TRAPEZIO C	I.° Triangolo	1/2 Lung. m. 6,03 / 1/6 Alt. 2,49	15,01			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 6,53 / 1/6 Alt. 2,78	18,15			
			33,16	66,32		
		Larghezza comune	2,00			
TRAPEZIO C'	I.° Triangolo	1/2 Lung. 1,46 / 1/6 Alt. 0,51	0,74			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 0,96 / 1/6 Alt. 0,48	0,46			
			1,20	. . .	2,40	
FOSSI E SCARPE		Larghezza comune	2,00			
TRAPEZIO D	I.° Triangolo	1/2 Lung. 6,53 / 1/6 Alt. 3,07	20,05			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 6,06 / 1/6 Alt. 3,07	18,60			
			38,65	25,51		
		Larghezza comune	0,66			
TRAPEZIO D'	I.° Triangolo	1/2 Lung. 0,96 / 1/6 Alt. 0,54	0,52			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 1,44 / 1/6 Alt. 0,64	0,92			
			1,44	. . .	0,95	
		Larghezza comune	0,66			
TRAPEZIO E	I.° Triangolo	1/2 Lung. 6,06 / 1/6 Alt. 3,06	18,54			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 5,84 / 1/6 Alt. 3,06	17,87			
			36,41	12,01		
		Larghezza comune	0,33			
		Sommano e si riportano. . .	. .	172,85	21,87	

INDICAZIONI		DIMENSIONI		SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
				metri	metri	metri	
		Riporto. . .			172,85	21,87	
TRAPEZIO E'	I.° Triangolo	1/2 Lung. m. / 1/6 Alt.	1,44 / 0,72	1,04			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. / 1/6 Alt.	1,33 / 0,71	0,94			
				1,98			
		Larghezza comune		0,33	. . . .	0,65	
TRAPEZIO F	I.° Triangolo	1/2 Lung. / 1/6 Alt.	5,84 / 3,02	17,64			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. / 1/6 Alt.	5,70 / 2,98	16,98			
				34,62			
		Larghezza comune		0,33	11,42		
TRAPEZIO F'	I.° Triangolo	1/2 Lung. / 1/6 Alt.	1,33 / 0,67	0,89			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. / 1/6 Alt.	1,16 / 0,63	0,73			
				1,62			
		Larghezza comune		0,33	. . . .	0,53	
PIRAMIDE G		1/2 Lung. / Lar.	5,70 / 8,79	50,10			
		1/3 Alt.		1,96	98,20		
PIRAMIDE G'		1/2 Lung. / Lar.	1,16 / 1,03	1,19			
		1/3 Alt.		0,40	. . . .	0,47	
		Sommano e si riportano. . . .			282,47	23,52	

INDICAZIONI		DIMENSIONI	SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
Porzione a destra dell' asse della strada			*metri*	*metri*	*metri*	
CAPOSTRADA						
		Riporto. . . .		282,47	23,52	
TRAPEZIO *a*	I.° Triangolo	1/2 Lung. m. 3,06 1/6 Alt. 1,31	4,01			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 4,51 1/6 Alt. 0,93	4,19			
		Larghezza comune	8,20 2,00	16,40		
TRAPEZIO *a'*	I.° Triangolo	1/2 Lung. 4,44 1/6 Alt. 0,91	4,04			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 2,99 1/6 Alt. 1,02	3,05			
		Larghezza comune	7,09 2,00	. . . .	14,18	
PIRAMIDE *b*.		1/2 Lung. 3,06 Larg. 0,97 1/3 Alt.	2,97 0,37	1,10		
TRAPEZIO *b'*	I.° Triangolo	1/2 Lung. 7,50 1/6 Alt. 0,64	4,80			
	II.° Triangolo	1/2 Lung. 4,44 1/6 Alt. 0,72	3,19			
		Larghezza comune	7,99 0,97	. . . .	7,75	
PARALLELLOG. *c*.		Lung. 15,00 Larg. 0,03 1/4 Alt.	0,45 0,57	. . . .	0,26	
PASSEGGIATOIO						
PIRAMIDE *d*		1/2 Lung. 2,55 Lar. 0,32 1/3 Alt.	0,82 0,12	0,10		
		Sommano e si riportano .		300,07	45,71	

INDICAZIONI		DIMENSIONI		SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
				metri	*metri*	*metri*	
		Riporto . . .			300,07	45,71	
TRAPEZIO *d'*	I.° Triangolo	1/2 Lung. m.	4,96	1,69			
		1/6 Alt.	0,34				
	II.° Triangolo	1/2 Lung.	7,50	2,32			
		1/6 Alt.	0,31				
				4,01			
		Larghezza comune		0,32	. . . .	1,28	
PARALLELLOG. *e*		Lung.	15,00	17,10			
		Lar.	1,14				
		1/4 Alt.		0,46	. . . .	7,87	
TRAPEZIO *f*	I.° Triangolo	1/2 Lung.	6,57	5,58			
		1/6 Alt.	0,85				
	II.° Triangolo	1/2 Lung.	7,50	5,63			
		1/6 Alt.	0,75				
				11,21			
		Larghezza comune		0,54	. . . .	6,05	
PIRAMIDE *f'*		1/2 Lung.	0,93	0,50	0,04		
		Lar.	0,54				
		1/3 Alt.		0,09			
TRAPEZIO *g*	I° Triangolo	1/2 Lung.	5,49	5,54			
		1/6 Alt.	1,01				
	II.° Triangolo	1/2 Lung.	6,57	6,44			
		1/6 Alt.	0,98				
				11,98			
		Larghezza comune		1,00	. . . .	11,98	
		Sommano e si riportano .		. . .	300,11	72,89	

INDICAZIONI	DIMENSIONI	SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
		metri	*metri*	*metri*	
	Riporto. . .	. . .	300,11	72,89	
TRAPEZIO *g'* — I.° Triangolo	1/2 Lung. m. 2,01 1/6 Alt. 0,30	0,60			
TRAPEZIO *g'* — II.° Triangolo	1/2 Lung. 0,93 1/6 Alt. 0,22	0,20			
	Larghezza comune	0,80 1,00	0,80		
FOSSI E SCARPE					
TRAPEZIO *h* — I.° Triangolo	1/2 Lung. 6,84 1/6 Alt. 1,26	8,62			
TRAPEZIO *h* — II.° Triangolo	1/2 Lung. 5,49 1/6 Alt. 1,16	6,36			
	Larghezza comune	14,98 0,66	. . .	9,89	
TRAPEZIO *h'* — I.° Triangolo	1/2 Lung. 0,66 1/6 Alt. 0,30	0,20			
TRAPEZIO *h'* — II° Triangolo	1/2 Lung. 2,01 1/6 Alt. 0,22	0,44			
	Larghezza comune	0,64 0,66	0,42		
TRAPEZIO *i* — I.° Triangolo	1/2 Lung. 6,84 1/6 Alt. 1,40	9,58			
TRAPEZIO *i* — II.° Triangolo	1/2 Lung. 6,76 1/6 Alt. 1,41	9,53			
	Larghezza comune	19,11 0,36	. . .	6,88	
PIRAMIDE *i'*.	1/2 Lung. 0,66 Larg. 0,36 1/3 Alt.	0,24 0,09	0,02		
	Sommano e si riportano. . . .	. . .	301,35	89,66	

INDICAZIONI		DIMENSIONI			SUPERFICIE	CUBI DI riporto	CUBI DI sterro	OSSERVAZIONI
					metri	metri	metri	
		Riporto.				301,35	89,66	
TRAPEZIO *k*	I.° Triangolo	1/2 Lung. m.	1/6 Alt.	6,76 / 1,42	9,60			
	II.° Triangolo	1/2 Lung.	1/6 Alt.	6,50 / 1,43	9,29			
					18,89			
		Larghezza comune			0,30	. . . .	5,67	
PIRAMIDE *l*		1/2 Lung.	Larg.	6,50 / 3,15	20,47			
		1/3 Alt.			0,95	. . . .	19,45	
		Sommano insieme				301,35	114,78	

SUNTO DELLA XVII.ª LEZIONE.

Nozioni generali sull' apparecchio in generale — Applicazione alla costruzione de' Ponti — Semiovali — Riscontro di queste curve con l' ellisse — Particolarità sulla descrizione delle arcate mediante archi di circolo.

La *stereotomia*, e presso i pratici l'*apparecchio*, è l'arte che determina le forme de' materiali che debbono comporre l' insieme d' un' edifizio.

L'apparecchio riparte le masse costituenti un edifizio, per indi ricomporle a seconda di particolari condizioni.

Nella vera sua significazione la parola *apparecchio*, applicata all' architettura in generale, accenna ciò che risulta d' appariscente nelle masse divise.

La perfezione di apparecchio richiede, oltre della regolarità, la venustà delle forme, e sopra ogni cosa la solidità de' resultati. A conseguire questo duplice fine si pospone alcuna volta l' apparecchio di vista all' apparecchio propriamente detto. In ogni caso fa duopo che la massa, suddivisa dall' apparecchio, non solo si riproduca nelle forme prestabilite, ma con la stabilità eziandio che aveva prima della partizione.

Un muro ritto, cioè verticale, vuolsi riguardare come un prisma rettangolare il quale puossi, senza che la stabilità ne scapiti, dividere in più banchi orizzontali: la stabilità risulterà dalla inerzia della soprapposizione degli strati.

Puossi dividere il prisma per sezioni verticali eziandio; ma, affinchè siavi stabilità, fa inoltre di mestieri che ciascuna partizione verticale, cada su d' una porzione indivisa del banco sottoposto.

I limiti de' piani orizzontali di divisione diconsi *giunture orizzontali*, e quei dei piani verticali, *giunture verticali*.

Di codesti piani seganti poi, i primi addimandansi *letti dei filari*, ovvero facce orizzontali de' conci, (lits d'assises), ed i secondi *letti verticali* (lits de joints), ovvero facce verticali de' conci.

I letti de' filari vogliono essere parallelli; la quale aggradevole dispositura richiede eziandio che le altezze de' filari siano fra loro uguali, lo che dicesi *filari regolati* (assises réglées).

Egli è del pari manifesto come le giunture verticali non debbansi fra loro incontrare, ma sì bene alternare, lo che denominasi *a commessure discontinue* (a joints recouverts).

Siffatta dispositura addimandasi eziandio *collegamento* (liaison).

Tal' è il più naturale sistema d' apparecchio d' un muro verticale.

Ma diverso è quello adottato per la costruzione delle volte.

Fa duopo che sieno talmente congegnate, che la loro tendenza a muoversi verso il vano, non possa aver luogo in niuno de' loro punti in particolare, senza che negli altri s' induca uno spostamento, che si opponga a quella tendenza.

I solidi elementari delle volte non possono essere parallellepipedi.

Due delle loro facce opposte debbono essere disuguali, e la minore è sempre volta verso il vano.

Codesti solidi acquistano in tal caso il nome di *cunei*, di cui hanno la figura, e talvolta di *chiavi*: (voussoirs ou claveaux).

Vogliono essere queste parti ugualmente resistenti, massime nelle facce che combaciano, le quali debbono essere normali alla volta.

Questa massima va rigorosamente osservata, poichè per essa si vengono ad evitare gli angoli acuti.

Ei ne segue che le volte piane, o piattebande, non sono suscettive d'un'apparecchio rigoroso e determinato.

Andiamo debitori al Monge se la sterotomia non è ormai che uno scholio della Geometria nello spazio, pel quale si risolve il problema generale dell'apparecchio; egli ha fatto osservare, che così le grandi come le minori giunture, fan parte di due serie di curve alla superficie visibile della volta, e che i piani combacianti debbono comporre delle superficie sviluppabili.

La superficie interna della volta chiamasi *intradosso*, e l'esterna *estradosso*. Gli altri paramenti visibili sono le *fronti* (têtes), le quali quando sono normali alla volta diconsi *archi ritti*.

Le volte de'ponti non presentano difficoltà alcuna di apparecchio, allorchè sono perpendicolari all'asse longitudinale del ponte.

Il numero dei corsi di cunei in ciascuna delle fronti, dipende ordinariamente dall'altezza dei banchi della petriera, e dalla qualità de'materiali di cui si può disporre.

La sola soggezione che si abbia nel loro apparecchio, consiste nell'accordare i cunei coi filari orizzontali delle pile e de'timpani.

Nell'architettura usuale e nelle volte di poco rimarco, si ottiene questo accordo con un modo non praticabile che fino ad un certo punto nella costruzione dei ponti. Esso dicesi *appareil a crossettes*, cioè a cunei ripiegati: ch'è quanto dire, che in luogo di situare una giuntura verticale sopra l'incontro di ciascun filaro orizzontale colla rispondente giuntura dell'arco ritto esterno, ella si trasporta a destra o a sinistra per un certo tratto, e la porzione del filaro orizzontale, abbracciata da questo trasportamento, costituisce la *crossette*, e forma parte del cuneo.

Nelle parti superiori delle volte, i cunei ripiegati van rigettati, a cagion delle fratture, che, pel calo inevitabile nelle grandi arcate dopo il disarmamento, ne conseguiterebbero.

Li cunei ripiegati possono adoperarsi senza inconveniente dall'origine fino ad una certa altezza.

Le figure 14, 15, 16 e 17 Tav. III mostrano vari modi usati per accordare i cunei coi filari orizzontali delle pile o dei timpani, e che lasciano alle volte la facoltà di effettuire il loro calo, senza che vi avvengano fratture di pietre.

Il taglio occorrente per codesti accordamenti presso la faccia superiore di ciascun cuneo, non può eseguirsi che in opera, e dopo l'effetto del calo.

L'accordo a modo di gradini non si usa che quando i cunei per la loro situazione abbiano acquistata una sufficiente lunghezza d'apparecchio. Importa dal-

tronde alla solidità di sopprimere al più presto possibile il sistema de' cunei ripiegati, affin di posare i cunei sul loro letto di cava.

Il ponte di Mantes offre un esempio della difficoltà di soddisfare a tutte le necessarie condizioni nello accordare i cunei coi filari orizzontali. L' espediente ivi adottato presenta una manifesta irregolarità (fig. 16 Tav. III.)

Nel nuovo ponte alla piazza di Luigi XV, in dove i rostri sono formati da colonne incastrate, così fatto congiugnimento non ha potuto praticarsi, rifiutandolo la forma del progetto: i cunei hanno acquistata la lunghezza che loro abbisognava protraendosi oltre l'apparente penetrazione; la qual licenza d'apparecchio ha reso il taglio de' cunei indipendente dai filari orizzontali.

Nelle volte ad un arco di cerchio l'apparecchio non incomincia all'imposta. Se il *pulvinare* (coussinet) stesse a giacere con la sua base sull'imposta, formerebbe un' angolo acuto, ed inoltre tre spigoli visibili s' incontrerebbono in quel punto. A schivare un tale sconcio, si suole ribassare il piano superiore del filaro dell'imposta, per modo che l'origine del sesto gli sia superiore.

Questo è l' espediente che si prese al ponte di Pesme dipartimento del Doubs (fig. 17 Tav. III).

Curve semi-ovali applicate alla costruzione delle volte.

Fra tutte le curve che possonsi adoperare nella costruzione delle volte de' ponti, la semicircolare, detta anche *tutto sesto*, è insieme la più vaga e la più semplice.

Gli antichi ne han fatto sempre uso.

Pur tuttavolta essa non si confa ad ogni condizione di località.

Dessa alza talvolta soverchiamente i ponti, e ne rende disagioso l' accesso.

La forma semicircolare, per la troppa larghezza dei reni e dei timpani, non è favorevole al libero efflusso delle acque, perocchè più elle s'innalzano e più angusto trovano il varco.

Per tali riflessi l' uso del semicircolo è limitato a quelle sole località che non permettono altra curva, ed ai ponti in generale di piccola apertura.

La piattabanda, meglio delle altre soddisferebbe alla condizione dello sbocco maggiore, ma di rado è adoperata ne' ponti, a motivo degl' inconvenienti che procedono dalla sua costruzione; del resto non è applicabile alle grandi aperture perchè cagiona di troppo gagliardi conati orizzontali.

Dopo la piattabanda, la volta ad un arco di cerchio è quella che meglio adempia l' anzidetta condizione, ma ha eziandio l' inconveniente di esercitare spinte orizzontali assai considerevoli.

Le si suole anteporre la volta, la cui curvatura è quella d' un ellisse depressa; questa curva tiene il mezzo fra la porzione circolare, ed il semicircolo.

Le località determinano il rapporto del semiasse minore, che addimandasi saetta, all' asse maggiore, ch' è la corda.

La saetta suole variare fra il terzo ed il quarto della corda.

La difficoltà di descrivere l' ellisse in grande fa che le si anteponga la se-

miovale; la quale, avendo i centri di curvatura dati di sito, offre inoltre il vantaggio di poter tracciare le giunture de' cunei in direzione normale alla curva.

Acciocchè la semiovale risulti tangente ai piedritti, fa duopo che gli archi di che si compone sommino insieme 180.°, e che i piccoli archi abbiano i loro centri sul diametro della curva.

Tutte le semiovali hanno un numero dispari di centri.

Questa curva non suole averne più di tre, quando non è molto depressa.

Qualora sian date la corda e la saetta, l'analisi porge il modo di rinvenire i centri.

La più elegante soluzione è quella somministrata dal Bossut; ma, essendo questo problema della classe dagl' indeterminati, l'equazione di secondo grado che ne risulta, non dà uno de' raggi, se non quando l'altro sia determinato.

Affin di allontanare l'indeterminazione, ha osservato il Bossut, che la più gradevole forma della semiovale, è quella in dove meno disuguale sia la curvatura degli archi AM, MD (fig. 18 Tav. III).

Laonde è forza, che il rapporto geometrico della differenza de' due raggi x, ed y sia un *minimum*; quanto a dire che $d.\frac{x}{x+y}=0$

Eseguendo i calcoli opportuni alla soluzione della questione, dipendentemente da quelle considerazioni, si giugne ad un semplicissimo risultamento, che porge la seguente geometrica costruzione della semiovale a tre centri (1).

I centri trovansi situati alle intersezioni P, π dell'asse maggiore, e del semiasse minore prolungati, con una retta Mπ perpendicolare alla AD, che congiugne

---

(1) Così il testo — Ma il rapporto geometrico de'due raggi, è $\frac{x}{y}$. Però, avendo chiamato y il raggio degli archi laterali ed x quello dell'arco medio, il triangolo rettangolo P C π porge fra x ed y la seguente equazione

$$(x-y)^2=(x-b)^2+(a-y)^2;$$

dalla quale si ha $x=\frac{b^2+a^2-2ay}{2b-2y}$, e quindi $\frac{x}{y}=\frac{b^2+a^2-2ay}{2by-2y^2}$

Se, a tenore della nota teorica de' massimi e minimi, si differenzia codesta espressione, si riduce, ponendo per più di semplicità $a^2+b^2=c^2$, e si pone uguale a zero, essa darà per y il seguente valore

$$y=\frac{c\left(c\pm(a-b)\right)}{2a}:$$

e quindi si ha

$$x=\frac{c\left(c\pm(b-a)\right)}{2b}.$$

Sono appunto queste le formule che han somministrata al Bossut l'elegante costruzione qui nel testo riportata.

Non dispiaccia intanto allo studioso di leggere nel *Trattato teoretico pratico della misura delle volte rette ed oblique* del Chiarissimo Professore sig. D. Paolo Tucci, da pag. 48 a pag. 51, la compiuta soluzione ch'egli vi dà di questo problema, onde ammirarvi l'analisi ingegnosa ed elegante con la quale egli perviene a ritrovare l'espressione de'due raggi, e come passando al coefficiente differenziale di second'ordine, egli chiarisce quale sia la significazione e la convenienza del duplice segno di cui sono affetti i valori de' raggi suddetti. T.

gli estremi de'due semiassi, e che bisega la porzione Ad' della AD, dalla quale si è detratto Dd' uguale alla differenza de'due semiassi (fig. 18 Tav. III).

Questa costruzione è assai antica, ed è la più usitata nella pratica, siccome quella che dagli operai suol preferirsi.

Si fa anche sparire l'indeterminazione del problema della descrizione d'una semiovale, mediante la condizione che ciascuno de' tre archi sia di 60.° (fig. 19. tav. III.)

Dopo aver descritto un semicircolo col raggio BC, dal punto D' in cui il semicircolo incontra la saetta protratta, prendi la corda M' D' tale che sottenda l'arco M' D' di 30.° indi mena la corda M' C il cui corrispondente arco sarà di 60.°; dall'estremo D della saetta conduci la DM parallella a D' M', e per M mena MO parellella ad M' B: i punti d'intersezione K ed O saranno i centri, e la semiovale risultante da siffatta costruzione avrà le condizioni richieste.

Questa maniera di descrivere la semiovale è spesso usata dagl' ingegneri di Ponti e strade, allorchè la differenza fra la semi-corda e la saetta è piccola; ma, laddove la saetta sia minore del terzo della intera corda, è forza rinunziarvi, a causa della soverchia curvatura dell'archetto, la quale è sdicevole alla vista.

In quest' ultimo caso, abbisognando più di tre archi per la descrizione della semiovale, s' impiegano cinque centri, talvolta sette, ed anco undici per le maggiori arcate.

Le belle curve delle arcate del ponte di Neuilly, aventi 120 piedi di corda (38.m 98), sono state costruite con undici centri (fig. 20 tav. III).

Le condizioni di cui fecesi uso per allontanare l' indeterminazione del problema nella descrizione di codeste curve, furono: 1.° che la distanza *i* 12. fra il mezzo della corda, ed il centro dell' estremo arco, sia tagliata da' raggi degli altri archi in parti che siano fra loro nella ragione aritmetica de' numeri naturali 1, 2, 3, 4 e 5.

2.° Che i prolungamenti di siffatti raggi misurino sulla saetta parimenti prolungata degli spazi fra loro uguali.

3.° Che *i* 12 pareggi il terzo di *i* B

Rimaneva a determinare il sito 12 del centro dell' estremo arco, onde la curva, descritta con gli altri centri, dati di sito, passasse per gli estremi della corda e della saetta.

Per determinare il sito 12 del centro dello estremo arco si adoperò un modo semplice quanto ingegnoso.

Si costruì separatamente (fig 21. tav. III) la figura VGFEDZ, luogo di tutt'i centri giusta le condizioni; e, mercè di semplicissime analogie fra i lati di queste figure simili, si ottenne agevolmente il valore analitico d' x della seguente forma: $z = (b-a)\,\frac{n}{m+n-S}$ in dove S rappresenta il poligono ZDEFGV ed m ed n il rapporto fra *i* 12 ed *i* B (1).

---

(1) Essendo questa seconda figura tutta nota perchè costruita di arbitraria grandezza, se

Ad aver pienamente il valor d' x rimarrebbe a calcolare l'espressione del poligono S, la quale si ottiene mediante i seni de' triangoli successivi, ne' quali è noto tutto ciò che occorre. Siffatto calcolo è lunghissimo, ma si può abbreviarlo con una costruzione grafica a grande scala.

Avrebbesi potuto prendere altro rapporto fra m ed n, il quale nel caso at-

---

si farà CZ $= n$, CV $= m$, VGFEDZ $=$ S, e nell' altra, $i\,12 = x$, i B $= y$, BDZFR 12 $= z$, $i\,2 = b$ ed i A $= a$; la simiglianza delle figure darà:

$$n : m = x : y = \frac{mx}{n}$$

$$n : S = x : z = \frac{Sx}{n}$$

Inoltre perchè BL=BA sarà BL$= y + a$: ma egli è facile riconoscere che BL $=$ BD $+$ DZ $+$ ZF $+$ FR $+$ R12 $+$ 122 $= z +$ 122 $= z + b - x$: dunque, si avrà l'equazione.

$$z + b - x = y + a;$$

dalla quale, ponendo per z, e per y i valori di sopra, e riducendo, si ricava

$$x = \frac{n\,(\,b - a\,)}{m + n - S}$$

Il valor di S si ottiene mercè le tavole de' seni.

Il valor d' x fu trovato per le arcate del ponte di Nenilly di 39 piedi, 10 pollici ed 8 linee.

Calcolando i valori in gradi degli archi componenti questa curva policentrica, si trova che l' arco 2Q è di 30° 58', l' arco PQ di 21.° 11', l' arco NP di 13.° 53', l' arco MN di 9.° 55', l' arco LM di 7.° 42' ed il semiarco medio AL di 6.° 21'; i quali valori addizionati sommano bensì 90.°, e quindi adempiono alla essenzial condizione che la curva riesca tengente nei suoi estremi ai piedritti, ma non diminuiscono dall' origine al vertice secondo una regolare progressione.

Il Rondelet, avvisando esser meglio adottare nel valor graduale di codesti archi una progressione determinata, propone altre due costruzioni di semiovali ad undici centri, nella prima delle quali il valor suddetto va crescendo in progressione aritmetica dal vertice all' origine; e nella seconda gli archi sono tutti del medesimo numero di gradi — Gli studiosi potranno rinvenirle nella sua lodatissima opera più volte in questo testo citata; mentre noi, opinando col Gaothey e col Cavalieri, i quali pensano che il rapporto fra la saetta e la corda può bensì talvolta esigere che il numero dei centri sia maggiore di tre, ma che sia sempre inutile oltrepassare il numero di cinque centri, riferiremo qui appresso il modo di costruire la semiovale a cinque soli centri, servendoci delle medesime parole del Cavalieri.

Sieno AC, CD (fig. 18 Tav. III) la semicorda e la saetta della semiovale che si cerca: e sieno assunti ad arbitrio il raggio AO $= r$ di ciascuno degli archi estremi, ed il raggio Dπ $=$ R dell' arco intermedio in cui cade il vertice D. Chiamando ρ il raggio degli archi laterali compresi rispettivamente fra uno degli estremi e quello intermedio, possiamo servirci per determinarlo della condizione ch' esso abbia ad essere medio proporzionole fra r ed R, e quindi $\rho = \sqrt{Rr}$. Per lo che se fatto centro in O, con un intervallo uguale a $\rho - r$ descriveremo un arco di circolo, e poscia fatto centro in π col raggio R $- \rho$ descriveremo un altro arco di cerchio il punto N in cui accadrà l' incontro di tali due archi sarà il terzo centro cercato dell' arco costituente il fianco della semiovale.

Essendo, come si è detto, arbitrari i raggi r, R, ne segue evidentemente che infinite ovali possano descriversi intorno a due dati semiassi, o vogliamo dire intorno ad una data corda e ad una data saetta. Nell' assegnare il valore di coteste due quantità, ecco quali so-

tuale è di 1 a 3. : ma ogni mutazione che aumentasse questo rapporto, tenderebbe eziandio all'aumento del raggio del mezzo della volta, ed a scemarne quindi, un colla curvatura, la solidità.

Per la costruzione delle volte fa duopo avere la sagoma della fronte di ciascun cuneo, qualora la curva non sia un semicircolo.

Codeste sagome si ergono sulla curva descritta in grande, siccome la cosa medesima che si vuol costruire.

La descrizione grafica della curva richiede un ampio spazio; ove non sia possibile procacciarselo in un edifizio, ed al coverto, si adotta il partito di costruire sul cantiere, ed a portata del ponte un area in muratura, la quale va ricoperta d' uno strato di gesso ben agguagliato.

Ad ottenere un' esatta descrizione, doppo aver costruito il luogo de' centri, si segnano gli estremi archi mediante un gran compasso a verghe di legno; ma quando i raggi divengono considerevoli, è forza rinunziare a siffatto spediente, atteso che le verghe del compasso si piegano e la curva riesce difettosa.

Il resto della curva si delinea per punti; mercè del calcolo si determinano le coordinate de' punti estremi di ciascun arco; si mena la corda di ciascun arco, e la saetta corrispondente, ch'è facile calcolare, porge un punto della curva. Si ottengono altri due punti intermedi, menando nuove corde dal mezzo alle estremità dell'arco; e così si hanno successivamente tutt'i punti di cui si abbisogna per lo tracciamento della curva, il quale eseguesi con regoli piegatoi, che si adattano sui punti della curva da descrivere.

A misura che le corde s' impiccioliscono si può fare a meno di calcolare le saette : in qnesto caso esse sono manifestamente il quarto della saetta della corda doppia precedentemente trovata.

Per mezzo de' punti estremi degli archi, e della intersezione nota de' loro raggi con l' asse orizzontale, si determina la direzione de' raggi di curvatura, e quindi quella de' cunei che passano per le estremità degli archi.

Quanto alla direzione de' cunei intermedi, siccome la loro lunghezza rispetto

---

no le condizioni, di cui convien curare l' adempimento. 1.° Il raggio r sia determinato in modo che l' arco di circolo con esso descritto, e che costituisce l' estremo tratto della semiovale dall' una e dall' altra parte, e va a terminare all' imposta, giri esternamente intorno al corrispondente arco dell' ellisse prodotta dai due medesimi assi della semiovale. Questa condizione tende a facilitare lo sfogo delle acque, quando le massime piene del fiume sopravvanzino l' imposte. Si può facilmente scoprire che a tal uopo importa che sia $r > \frac{b^2}{a}$ maggiore cioè della terza proporzionale ai due semiassi a, b, E quanto più le massime piene saliranno sulla linea dell' imposte, tanto più sarà necessario che il valore di r ecceda l' indicato limite. 2.° Il raggio R dell' arco supremo non si faccia d' una lunghezza eccessiva. In generale si prescrive ch' essa debba esser maggiore del doppio dell' apertura dell' arcata : e se mai per qualche particolare motivo dovesse oltrepassare questo limite, sarebbe d' uopo o di assegnare all' arcate una grossezza in chiave maggiore di quella, che competerebbe alla data apertura, ovvero di dirigere i letti dei cunei, compresi nell' arco supremo, non al centro di esso, ma bensì ad un punto meno discosto dal vertice dell' arcata.

al raggio dell' arco è piccolissima, può quest' arco esser preso pel seno; laonde, se pei punti di divisione de' cunei, menisi (fig. 22 tav. III) una parallella $a'b$ al raggio di curvatura, si determina con una semplice proporzione, il valor di $a'b'$ perpendicolare a quella linea, e che misura la divergenza de' due punti consecutivi.

Perchè questo risultamento sia d' una tal quale esattezza, è duopo che $a'b$ abbia circa tre metri di lunghezza.

Tutte queste indagini intorno alle particolarità bisognevoli alla descrizione delle curve delle grandi arcate, sono frutto dell' opera d' ingegneri, che della edificazione di grandi ponti sonosi precipuamente occupati, e la cui felice riuscita è mallevadrice dell' esattezza degli esposti metodi.

SUNTO DELLA XVIII.ª LEZIONE.

Muri d' ala de' ponti; principi che ne determinano la situazione e l' apparecchio - Particolarità intorno la spinta delle volte e delle terre - Principi per la formazione del progetto d' un ponte - Carattere Architettonico conveniente a questa sorta d' edifizi.

In due modi si possono sostenere le terre d'una strada in riporto agli accessi d' un ponte.

Il primo consiste in un muro di rivestimento; il secondo in una scarpa di sostegno.

Adoprasi il primo le quante volte la costruzione del ponte esiga riporti di grande altezza.

I muri di rivestimento agl' ingressi de' ponti possono venire stabiliti in due guise: o nel prolungamento delle fronti, ovvero in modo che facciano un angolo con le medesime; nel secondo caso prendono il titolo di *muri d' ala*.

E' fa duopo che i muri di sostegno della prima specie siano abbastanza lunghi, sì che il profilo della scarpa del terrapieno non discenda fino allo sbocco dell' arcata; ed, ove l' acqua scorra incassata, vuolsi sempre lasciare uno spazio per formarvi la necessaria banchina fra il piè della scarpa, ed il ciglio della ripa, salvo il caso in cui essendo la scarpa rivestita di muratura a secco, non si ha duopo di formare una banchina.

Dovendosi stabilire un muro di sostegno nel prolungamento delle fronti, la scarpa del rilevato va terminata con un quarto di cono retto che appoggiasi al muro.

Cotal disposizione offre de' vantaggi; dessa è rappresentata alla parte destra dell'asse del ponticello, le cui proiezioni veggonsi delineate a tav. VI. La parte sinistra del delineamento mostra il modo di accordare il muro di sostegno nel prolungamento delle fronti, con la ripa del burrone, qualora per circostanze di località, rade anzi che no, la scarpa della sua sponda salga fino al livello del margine della strada.

Il congiugnimento mercè il quarto di cono retto è gradevole alla vista, non arresta le acque pluviali, e sono inoltre codesti muri nel prolungamento delle fronti, un' addizione di resistenza a prò delle spalle del ponte.

Allorquando in luogo del quarto di cono, si dispone ad angolo il muro, il filaro supremo viene ad essere stabilito nel piano d' inclinazione della scarpa del rilevato; in questo caso si fa risparmio di muratura, perciocchè il paramento verticale offre in alzato una superficie triangolare; ma d'altra banda le terre della scarpa che s'appoggiano ai muri d' ala sono esposte a di continui guasti, ai quali non si può rimediare che mercè di cure assidue, e di continuata manutenzione.

L' economia, la quale prescrive di dare a cotai muri in angolo tanto solo di sporto, quanto a rigore ne abbisogna, li situa benanco ad angoli retti sulle fronti del ponte; ma fa di mestieri in questo caso che l' apertura abbracci tutta

l'ampiezza del letto, compresavi quella delle ripe; ed il limite della lunghezza di muri siffatti, debb'essere la larghezza della base della scarpa del rilevato. Sogliono terminarsi con uno zoccolo, coronato da un dado, situato all'estremità del paramento inclinato.

Quando il paramento verticale del muro ad angolo, si costruisce a riseghe, questa maniera di struttura procaccia un tal poco di dilatamento, ed allora quella forma è favorevole allo sbocco.

Tal'è la più economica disposizione de' muri d'ala, quale si vede negli studi delineati a Tav. V, e VI.

La dilatazione derivante dalle riseghe è spesso insufficiente, e la condizione d'un maggiore slargamento è d'ordinario indispensabile a prevenire gli scalzamenti, ed i guasti prodotti dagli urti de' corpi galleggianti.

Qualora non abbiasi ad adempire che a queste ultime condizioni, si suole dare alla base del muro d'ala, una direzione che faccia con una parallella all'asse longitudinale della volta, un'angolo di 22.° 1/2.

Questo slargamento costante di 22.° 1/2 va per altro adottato solamente quando l'acqua non iscorra incassata, o quando, siccome è espresso dal tipo a sinistra della tavola V, la larghezza della base della scarpa del rilevato s'incontri col ciglio della ripa formando co' piedritti della volta un'angolo di 22.° 1/2. Ma in luogo del costante uso di quest'angolo, meglio è per tutt'i rispetti subordinare lo slargamento, alla posizione della base della scarpa e del ciglio della ripa.

Ad ottenere l'angolo più favorevole fa d'uopo che l'estremità del paramento discendente, ed il dado che lo limita, vadano a riescire immediatamente sul ciglio della ripa, onde la scarpa di questa sia sostenuta dal paramento verticale del muro d'ala, che la taglia obbliquamente.

Codesto principio riposa sopra ciò che manifestamente sono per richiedere le località; quindi l'angolo di slargamento varia a seconda delle circostanze.

Evvi un caso assai raro, ed è quello in cui una strada, essendo in isterro, la cima della ripa del burrone sopravanzi il piano di quella; allora i muri d'ala sono inutili, e la compenetrazione delle scarpe dello sterro con quelle del burrone forma uno spigolo sporgente, che va per solito rafforzato con muratura a secco. La porzioncella di riporto che trovasi presso le testate, qualora un tal riporto abbia luogo, si rinfianca con un muro di sostegno nel prolungamento delle fronti: siffatta disposizione in questo caso è a preferirsi ai muri ad angolo, i quali introducendosi nelle ripe del burrone, producono forme irregolari, e dan luogo ad uno strano apparecchio.

L'apparecchio de' muri d'ala fassi per piani orizzontali.

Le giunture ascendenti sono normali ai filari.

I piani orizzontali non vanno continuti fino ad incontrarsi col paramento della scarpa del muro d'ala; ma sì bene, ad evitare gli angoli acuti, un po' innanzi dell'incontro, si pratica un risalto in direzione normale al piano ascendente, dell'altezza di 8 a 10 centimetri. Cotale incassamento di ogni filaro in quello sottostante, si oppone altresì allo scorrimento delle pietre, che sono a questo movimento sollecitate dalla spinta delle terre;

Lo studio d'un ponticello con tutte le sezioni e proiezioni necessarie a disegnare il suo apparecchio, costituisce l'obbietto della tavola VII. In generale le tavole VI, VII, VIII e IX, non lasciano cosa a desiderare circa la composizione d'un progetto di ponticello, nelle varie circostanze locali in cui si può ritrovare.

Prima d'internarsi nei particolari relativi alla costruzione de' ponti, fa mestieri disaminare due punti essenziali nell'arte di fabbricare, e sono: la spinta delle volte, e quella delle terre.

Ma la soluzione de' problemi che si riferiscono a questi due obbietti, è annessa a considerazioni fisico-matematiche delicatissime, che fanno variare la più parte delle soluzioni finora somministrate.

In ordine alla spinta delle volte, è duopo determinare la situazione de' punti di rottura, che dividono la volta in due parti, l'una agente, e l'altra resistente. Deesi supporre che i piedritti, cedendo allo sforzo della spinta, si rovescino girando intorno al lato esterno della base, o si slontanino scorrendo. Vuolsi anche introdurre, siccome un dato essenziale, l'aderenza delle malte.

Alcuni ingegneri e geometri chiarissimi, sonosi occupati di siffatte investigazioni, ma avendo adottato ipotesi e dati diversi, i loro risultamenti sono stati difformi.

Il fu Perronet, primo ingegnere di Ponti e strade, tocco da tali discrepanze, cercò il luogo de' punti di rottura mercè di sperimenti instituiti in grande sulle arcate de' ponti di Nogent e di Neuilly.

Si tracciarono delle linee di segnalamento sulle fronti delle arcate, le quali ulteriormente porsero il modo di riconoscere le direzioni e le quantità di moto che ebbero luogo dopo il disarmamento, quando le volte furono abbandonate al proprio peso.

Una inflessione avvenuta al ponte di Nogent, additò la separazione delle due azioni, e quindi il punto di rottura, il quale si appalesò verso il terzo della semivolta. Al ponte di Neuilly, le commettiture de' cunei, si apersero dal vigesimo sesto al trentesimo primo cuneo, vale a dire un po' sotto il mezzo della semivolta.

Quest' ultima osservazione si avvicina all'ipotesi anticamente adottata dall' accademico La Hire.

Chézy, ispettor generale di Ponti e strade, ha calcolato delle tavole sulle formole del La Hire, ed ha determinato il punto di rottura conformemente a quegli sperimenti in grande, supponendolo nel mezzo della semivolta per le arcate di tutto sesto, ed al terzo della semivolta per le arcate di sesto scemo.

Codeste due ipotesi sono favorevoli alla resistenza.

Cotali tabelle han servito con vantaggio a determinare le dimensioni delle pile estreme de' grandi ponti ultimamente edificati.

Somministrano le medesime, le grossezze delle spalle per le volte di tutto sesto, e per quelle di sesto scemo fino al terzo, cominciando dalle maggiori fino alle minori ampiezze, con diverse altezze di piedritti, e differenti carichi di terra e di selciato; determinano da ultimo le spessezze in chiave delle volte.

Una lunga esperienza, e la riuscita costantemente felice, stabiliscono la fiducia

da riporsi in codeste tabelle; il cui uso è assai comune nel servizio de' Ponti e strade; desse verranno di seguito a questi reassunti.

Quanto al problema della spinta delle terre, esso ha occupato più geometri di distinzione, ed ultimamente, di preclarissimi ingegneri: ma nella più parte delle antiche soluzioni, si sono trasandate le considerazioni relative alla coesione delle terre ed all' attrito.

Il Prony è il primo che abbia, dietro l'indicazione del Coulomb, dato la compiuta soluzione del problema, introducendovi i riflessi della coesione e dell'attrito, ed applicandovi il metodo de' massimi e minimi.

La spinta del prisma differenziale che immediatamente si posa sul pendìo cui naturalmente prendono le terre, è nulla, quando diasi alla coesione il minimo valore.

Codesto valore è parimente nullo per lo prisma differenziale nella situazione verticale.

Havvi dunque fra codesti due limiti una situazione, in cui il prisma differenziale ha il *massimo* della spinta.

Questa considerazione di un *massimo* di spinta, ch'era stata pretermessa, rende difettose tutte le antiche formule.

Il Prony ha dimostrato nella sua Meccanica filosofica, e dappoi in una memoria pubblicata nel 1802 ad uso degli Allievi, che la posizione del prisma differenziale del *massimo* della spinta, è quella in cui il suo piano inferiore forma con la verticale un'angolo uguale alla metà di quello dell'inclinazione che prendono le terre di fresco smosse.

Siffatta legge stabilisce la rispondenza che dev' esistere fra la formola per le terre che prendono un pendìo, e quelle idrostatiche sulla pressione de' fluidi.

In quest' ultimo caso, l' angolo d'inclinazione è zero. Però l' angolo del *massimo* della spinta è quello di 45°. Ciò appunto si verifica nei veri fluidi.

Il Prony ha aggiunto alla soluzione teorica una formula grafica costruita con precisione, e per la quale trovansi senza calcolo, e mediante costruzioni di linee, le grossezze da darsi ad un muro di rivestimento in tutte le ipotesi che possono occorrere.

Siffatta formula grafica, che può venir adoprata da ogni costruttore, debb'essere quindinnanzi sostituita alle cieche pratiche che dai costruttori poco versati ne' calcoli soglionsi seguitare; dessa offre vantaggi assai pregevoli nel rispetto dell' economia, e della solidità, che sono pure le necessarie condizioni delle costruzioni private come delle opere pubbliche. Avendomi il signor di Prony dato facoltà di unire a questi reassunti la prefata formula grafica con la sua spiega, verrà la medesima collocata appresso le tabelle sulla spinta delle volte, e formerà l'oggetto della tavola X.ª

Additate le curve che conviene adoperare nella costruzione delle volte de' ponti; stabiliti sopra principi, la cui esattezza è generalmente riconosciuta, il più opportuno collocamento, e le dimensioni delle parti accessorie: passo ora alla sposizione di taluni altri principi, o norme necessarie ad un ingegnere nella formazione de' progetti di ponti, e nella scelta de' metodi, che menano alla miglior costruzione di siffatta sorta di edifizi.

Trattandosi della formazione d' un progetto di ponte, fa mestiere che l' ingegnere incominci dal levare la pianta esatta del sito, con indicarvi in modo preciso la larghezza del corso d'acqua, gli accidenti del suolo, i banchi di ghiaia che le basse acque discoprono, le isole, ed infine la direzione delle vie o delle strade che debbono metter capo al ponte. Non basta il ben conoscere gli accessi del sito ove il ponte sarà collocato, ma debbesi altresì stabilire il profilo dell' alveo mediante livellazione fatta nel senso della linea del progetto, accuratamente misurare il volume delle acque in diverse circostanze, apporre con esattezza alla livellazione l' altezza del *pelo magro* (étiage), ovvero delle più basse acque, e quella delle più grandi piene. Alla livellazione aggiungonsi degli scandagli assai profondi, affinchè sia nota in tutt' i punti del profilo l' indole del suolo, ed a qual profondità si trovi il sodo e si riferisce da ultimo la livellazione ad un punto invariabile, da valere in appresso di segnale per le operazioni concernenti la costruzione.

L' asse del ponte va situato per quanto è possibile perpendicolarmente alla corrente del fiume, onde le facce longitudinali delle pile e delle spalle sieno parallelle al filone dell' acqua; e quando lo stabilimento generale del progetto oppongasi a siffatta positura dell' asse, ne segue che il ponte è in isbieco, inconveniente che vuolsi anteporre a quello di piantar le pile in guisa che formino angolo con la corrente; la qual cosa fa duopo evitare sempre che sia possibile.

Stabilite così le masse principali, e la loro situazione, rimane a determinare il numero e l' ampiezza delle arcate che debbono formare il ponte, ovvero, che torna lo stesso, convien fissare la sezione dello sbocco.

La rigorosa soluzione di tal questione, quando fosse assolutamente possibile, richiederebbe in prima che l'ingegnere conoscesse esattamente il volume d'acqua cui dee dare adito il ponte al tempo delle maggiori piene, onde proporzionare le corde a codesta quantità, per modo che la velocità della corrente sotto il ponte non sia soverchiamente considerevole, e non esponga le pile ad essere scalzate. Le sperienze di Dubuat, che han fatto progredire la scienza delle acque scorrenti, e massime le ultime indagini del Prony sulla concordanza delle formule da lui rettificate, con gli sperimenti, ci fan noto che la media velocità, elemento necessario a calcolare il volume dell' acqua scorrente, è uguale a' $^4/_5$ della sua velocità superficiale, con grandissima approssimazione. Si potrebbe per mezzo di questo dato, se non ve ne fossero altri a considerare, ottenere con sufficiente esattezza la soluzione del problema dello sbocco; ma il riflesso del più o meno di tenacità del fondo influisce molto in cotale soluzione, e vuolsi metterlo a calcolo, affin di determinare il limite di velocità al quale è prudenza arrestarsi.

Ed invero, ove il ponte avesse a costruirsi sopra un suolo di roccia, sarebbe di poco inconveniente, in quanto agli scalzamenti, l'adottare uno sbocco minore di quello che offre la sezione del fiume; nel mentre che, se il fondo si componesse di materie atte ad essere trasportate, o corrose dalla corrente, rendesi indispensabile di fare lo sbocco presso che uguale a quella sezione.

Il partito che in tutte le circostanze sembra meglio convenire, si è di osservare lo sbocco de' ponti superiori a quello che vuolsi edificare, qualora ne esistano

GIUNTA ALLA LEZIONE XIX.

Un oggetto di primaria importanza si è quello di determinare la larghezza della luce del ponte, vale a dire dello spazio libero che è necessario di lasiar sotto di esso, acciò che la corrente in qualunque stato, e segnatamente nelle sue maggiori turgidezze, possa per essa trovare uno sfogo regolare, vale a dire incapace di ledere la solidità dell' edificio, e non contrario al buon regime del fiume nel tronco superiore.

È noto nella scienza idrometrica (1), che ove la sezione di un fiume venga ristretta per qualsivoglia ostacolo, ivi necessariamente crescono l'altezza e la velocità dell' acqua; talmente che se dicasi L la larghezza, y l' altezza di una sezione libera, ed s l' altezza dovuta alla velocità del corso dell' acqua per essa sezione, sia l la larghezza $k+h$ l'altezza della sezione impedita, essendo k la parte inferiore, ed h la parte superiore al pelo naturale della corrente, correrà l' acqua per questa sezione nella parte inferiore k con velocità dovuta all' altezza $s+h$; e nella parte superiore h con velocità dovuta all' altezza $s+\frac{4}{9}h$. Sarà dunque nella parte inferiore della sezione ristretta la velocità

$$u=\sqrt{2g}\,\sqrt{(s+h)},$$

e nella parte superiore la velocità

$$u'=\sqrt{2g}\,\sqrt{(s+\tfrac{4}{9}h)};$$

laonde la portata di essa sezione sarà

$$l\sqrt{2g}\,\left(k\sqrt{(s+h)}+h\sqrt{(s+\tfrac{4}{9}h)}\right).$$

E siccome questa portata deve mantenersi uguale a quella della sezione libera, che è uguale a $Ly\sqrt{2gs}$, così nasce l' equazione.

$$(X)\qquad Ly\sqrt{s}=l\left(k\sqrt{(s+h)}+h\sqrt{(s+\tfrac{4}{9}h)}\right)$$

Di qui deve desumersi la ricerca della larghezza l della luce del ponte, vale a dire della somma delle larghezze di tutti gli spazi interposti alle pile, affinchè l' incremento della velocità e dell' altezza succeda in essa entro un limite tale, per cui non iscapiti la sicurezza dell' edificio, e non si alteri superiormente lo stato del fiume in modo pregiudizievole all' adiacenti campagne. Importa per la sicurezza della fabbrica che la velocità non si aumenti a segno, che la corrente acquisti forza di sconvolgere il fondo, e di scalzare e minare le pile, che sono in esso piantate. L' osservazione dell' indole del fondo nella situazione del ponte, e l' attento esame degli effetti, che la corrente produce in altri punti del fiume con diversi gradi di velocità sopra materie della stessa o di consimile natura, daranno campo di stabilire quale sia il massimo valore di u, e conseguentemente il massimo valore di h, compatibile con la resistenza del fondo. E sarà questo uno dei limiti, al disotto del quale dovrà essere fissato il valore di h. Da un altro lato è da cercarsi che l' alzamento h non faccia salire di soverchio le acque del fiume nel tratto superiore, a cui si estende il rigurgito, in guisa che si possa temere che le campagne adiacenti abbiano a divenir soggette all' inondazioni, ovvero che se ne abbia a rendere lento ed infelice lo scolo. Quindi facilmente si vede come da questo riguardo, dipendentemente dalla costituzione dell' alveo superiore per tutta l' estensione del rigurgito, dall' elevatezza dei terreni circostanti, e dalle condizioni degli scoli o altri corsi d' acqua influenti, si potrà dedurre un secondo limite, oltre il quale l' aumento h dell' altezza dell' acqua nella sezione impedita, ed il corrispondente rigurgito, non potrebbero accadere senza qualche pregiudizio diretto o indiretto del paese superiore. Si dovrà dunque per prima cosa assegnare ad h un valore che sia inferiore all' uno ed all' altro degli anzidetti limiti; vale a dire al minore di essi. Talvolta però il fondo del fiume è di materia così solida, che

(1) Venturoli. Vol. II, lib. II, cap. XXXVIII.

dell' architettura, le quali fan sempre cattivo effetto quando i ponti non sono in un livello. Paragonando in questa parte il ponte di Neuilly con quello della piazza di Luigi XV appare manifesta la verità di siffatto principio.

Quando per circostanze di località, siasi obbligato a rinunziare ad un pavimento orizzontale, nel senso longitudinale del ponte, ed a stabilirlo invece in due pendi incontrantisi nella sezione trasversale media dell'arcata centrale, e declinanti verso le testate, non debbono le pendenze eccedere il 1/24 della lunghezza loro.

Le fronti de' ponti vanno d'ordinario coronate da una cornice o cordone composto d'un toro, d'un listello e d'un cavetto. Questo coronamento è semplice, e quale in generale si conviene all' architettura de' ponti,

Adopransi talvolta diverse maniere di cornici, ma vogliono essere di pochi membri, e questi molto risentiti. Le mensole, i modiglioni van serbati pe' ponti delle grandi città.

Il carattere architettonico de' ponti dev' essere relativo alle circostanze del sito: semplice, severo in sulle strade; ardito, ricco e svariato nelle grandi città.

Gli elementi delle diverse parti, vogliono essere relativi a codeste differenti specie.

Le bugnature, le fasce, le congelazioni le punte di diamanti, tutto ciò che si riferisce alla maniera rustica, si confa in alcune circostanze all' architettura de' ponti.

In generale dallo stile de' monumenti adiacenti e dalle località risulta quello del ponte che si progetta.

Tali sono le particolarità, ed i principali precetti relativi alla formazione dei progetti di grandi ponti, ed alla fissazione delle dimensioni delle loro diverse parti al disopra del pelo magro.

GIUNTA ALLA LEZIONE XIX.

Un oggetto di primaria importanza si è quello di determinare la larghezza della luce del ponte, vale a dire dello spazio libero che è necessario di lasiar sotto di esso, acciò che la corrente in qualunque stato, e segnatamente nelle sue maggiori turgidezze, possa per essa trovare uno sfogo regolare, vale a dire incapace di ledere la solidità dell' edificio, e non contrario al buon regime del fiume nel tronco superiore.

È noto nella scienza idrometrica (1), che ove la sezione di un fiume venga ristretta per qualsivoglia ostacolo, ivi necessariamente crescono l' altezza e la velocità dell' acqua; talmente che se dicasi L la larghezza, y l' altezza di una sezione libera, ed s l' altezza dovuta alla velocità del corso dell' acqua per essa sezione, sia l la larghezza $k+h$ l' altezza della sezione impedita, essendo k la parte inferiore, ed h la parte superiore al pelo naturale della corrente, correrà l' acqua per questa sezione nella parte inferiore k con velocità dovuta all' altezza $s+h$; e nella parte superiore h con velocità dovuta all' altezza $s+\frac{4}{9}h$. Sarà dunque nella parte inferiore della sezione ristretta la velocità

$$u=\sqrt{2g}\,\sqrt{(s+h)},$$

e nella parte superiore la velocità

$$u'=\sqrt{2g}\,\sqrt{(s+\frac{4}{9}h)};$$

laonde la portata di essa sezione sarà

$$l\sqrt{2g}\,\left(k\sqrt{(s+h)}+h\sqrt{(s+\frac{4}{9}h)}\right).$$

E siccome questa portata deve mantenersi uguale e quella della sezione libera, che è uguale a $Ly\sqrt{2gs}$, così nasce l' equazione.

$$(X) \quad \ldots \quad Ly\sqrt{s}=l\left(k\sqrt{(s+h)}+h\sqrt{(s+\frac{4}{9}h)}\right)$$

Di qui deve desumersi la ricerca della larghezza l della luce del ponte, vale a dire della somma delle larghezze di tutti gli spazi interposti alle pile, affinchè l' incremento della velocità e dell' altezza succeda in essa entro un limite tale, per cui non iscapiti la sicurezza dell' edificio, e non si alteri superiormente lo stato del fiume in modo pregiudizievole all' adiacenti campagne. Importa per la sicurezza della fabbrica che la velocità non si aumenti a segno, che la corrente acquisti forza di sconvolgere il fondo, e di scalzare e minare le pile, che sono in esso piantate. L' osservazione dell' indole del fondo nella situazione del ponte, e l' attento esame degli effetti, che la corrente produce in altri punti del fiume con diversi gradi di velocità sopra materie della stessa o di consimile natura, daranno campo di stabilire quale sia il massimo valore di u, e conseguentemente il massimo valore di h, compatibile con la resistenza del fondo. E sarà questo uno dei limiti, al disotto del quale dovrà essere fissato il valore di h. Da un altro lato è da cercarsi che l' alzamento h non faccia salire di soverchio le acque del fiume nel tratto superiore, a cui si estende il rigurgito, in guisa che si possa temere che le campagne adiacenti abbiano a divenir soggette all' inondazioni, ovvero che se ne abbia a rendere lento ed infelice lo scolo. Quindi facilmente si vede come da questo riguardo, dipendentemente dalla costituzione dell' alveo superiore per tutta l' estensione del rigurgito, dall' elevatezza dei terreni circostanti, e dalle condizioni degli scoli o altri corsi d' acqua influenti, si potrà dedurre un secondo limite, oltre il quale l' aumento h dell' altezza dell' acqua nella sezione impedita, ed il corrispondente rigurgito, non potrebbero accadere senza qualche pregiudizio diretto o indiretto del paese superiore. Si dovrà dunque per prima cosa assegnare ad h un valore che sia inferiore all' uno ed all' altro degli anzidetti limiti; vale a dire al minore di essi. Talvolta però il fondo del fiume è di materia così solida, che

---

(1) Venturoli. Vol. II. lib. II. cap. XXXVIII.

si riconosce incapace di ricevere verun' offesa dalla forza della corrente, ancorchè questa di molto dovesse accrescersi; ed allora il valore di h non è più d' uopo che dipenda da altro limite, che dal secondo. E se, come pur succede altre volte, si conoscesse che niuno dei menzionati pregiudizi superiormente potrebbe temersi nelle campagne, per molto che si elevasse il pelo dell' acqua nella sezione ristretta dal ponte, ed in tutto il tratto per cui si diffonde il rigurgito, basterebbe di attenersi soltanto al primo de' sopradetti limiti. Assegnato così ad h un opportuno valore, servirà l' equazione (X) a determinare quello di l, vale a dire la larghezza della luce, ch' è d' uopo rimanga sotto il ponte pel libero ed innocuo corso dell' acqua. Deesi per altro avvertire che, nel fissare il valore di h, dannoso anzichè utile sarebbe di tenersi molto al di sotto del più piccolo de' due preindicati limiti, poichè si verrebbe oltre il bisogno a diminuire di soverchio la velocità del fiume sotto le luci del ponte, ed in tal caso si correrebbe rischio che sotto taluna dell' arcate si generassero degl' interrimenti, e che questi acquistando col tempo consistenza bastevole per resistere all' azione della corrente, ed obbligando le piene a rivolgersi con maggior corso per l' altre luci non interrite, fossero cagione che il fondo venisse quivi a sconvolgersi attorno e sotto le basi delle pile (1).

La larghezza libera della sezione ristretta dal ponte, determinata come abbiam detto per mezzo dell' equazione (X), dovrà poi essere opportunamente aumentata a riguardo della contrazione, cui l' acqua va soggetta nell' uscire da cotesta sezione, o dalle diverse luci che la compongono (2): senza di che non potrebbero corrispondere al vero i supposti valori di u, e di h, ma in effetto si aumenterebbero quanto fosse necessario all' uopo di compensare la contrazione, e di mantenere, ad onta di questa, costante il valore della portata. La vera larghezza libera, che abbisognerà sotto il ponte, non sarà dunque il trovato valore di l, ma sarà bensì$=ml$, essendo m un coefficente costante maggiore dell' unità, da determinarsi dipendentemente dalla contrazione, che l' acqua soffre nello sbucar di sotto il ponte. Una tal determinazione sarebbe assai malagevole ed incerta; onde convien contentarsi di desumere approssimativamente il valore di m dai risultati di qualche sperienza. Ne abbiamo fortunatamente alcune tentate dal Dubuat (3), applicabili al caso di cui si tratta, delle quali possiamo opportunamente giovarci. In conformità di tali sperienze il valore di m sarebbe compreso fra 1,366, ed 1,097; ma ben si vede che per la sicurezza dell' effetto, cui si desidera, converrà di attenersi al massimo de' risultati, facendo $m=1,097$, ossia prossimamente $m=1,1$. Vale a dire che la larghezza l, trovata mediante l' equazione (X), dovrà, a riguardo della contrazione del fluido, essere aumentata di un decimo.

Per procedere secondo le norme ora accennate alla ricerca della larghezza libera, che abbisogna sotto il ponte, è d'uopo di conoscere preventivamente gli elementi k, L, y, ed s. I primi tre si possono sempre ottenere per mezzo di accurate misure ed osservazioni. Ma l'altezza s è più malagevole a determinarsi, essendo note le difficoltà e l' incertezze che s' incontrano così nella pratica esplorazione, come nelle teoretiche induzioni, tendenti alla determinazione della velocità media nell' acque correnti, e di tutti quegli elementi che da essa dipendono. Egli è poi chiaro che queste preliminari determinazioni vogliono esser fatte relativamente alle massime escrescenze del fiume.

Con due diversi metodi si può procedere alla determinazione dell' elemento s; uno meteorologico, l' altro idrometrico. Il primo metodo consiste nel calcolare la portata del fiume in piena, dipendentemente dall' acque che possono supporsi accumulate in tutta l' estensione del suo alveo dall' origine fino al punto in cui vuol collocarsi il ponte, scaricatevi dalle tributarie campagne nelle più generali e più copiose piogge; e del tempo che in effetto si è riconosciuto necessario affinchè il detto tronco di fiume smaltisca la sua massima piena. Sia S la

---

(1) Gauthey — *Construction des ponts* — lib. II. cap. I. sez. II.
(2) Venturoli — Nel luogo precitato §. 359.
(3) Principes d'hydraulique Tomo I. pag. 15.

estensione superficiale di tutto il paese tributario, ed a l'altezza, a cui giusta l'osservazioni meteorologiche si possa stimare che si eleverebbe l'acqua su tale superficie in un breve intervallo di dirottissima pioggia, quando tutta si supponesse fermarsi ove cade, senza scendere per la china; e pongasi che una parte a' dell'altezza a di tal massa fluida venga assorbita dal terreno, e si disperda per sotterranei meati. È chiaro che sarà S $(a-a')$ il massimo volume dell'acque, che contemporaneamente potranno trovarsi raccolte nell'alveo del recipiente comune, in tutta l'anzidetta estensione, cioè dall'origine del fiume fino al posto del ponte. Ora supponendo che sia t il tempo, che cotesto tratto di fiume suole impiegare pel completo scarico della massima sua piena, cioè per passare dallo stato di somma piena alla condizione sua ordinaria, assunto il minuto secondo per unità di tempo; e chiamando Q la portata della massima piena facilmente si scorge che sarà

$$Q=\frac{S(a-a')}{t}$$

E siccome altronde per le note leggi dell'idraulica è $Q=Ly\sqrt{2gs}$, così sarà

$$Ly\sqrt{2gs}=\frac{S(a-a')}{t}$$

e quindi

$$Ly\sqrt{s}=\frac{S(a-a')}{t\sqrt{2g}}$$

ed

$$s=\frac{S^2(a-a')^2}{2gL^2t^2y^2}$$

valore che si renderà noto, come pure quello della velocità media $U=\sqrt{2gs}$ sempre che sia nota la quantità Ly.

Il metodo idrometrico per iscuoprire il valore di s esige l'uso delle formole, che ne vengono apprestate dall'idraulica, per mezzo delle quali si rende nota la velocità media V sia dipendentemente dall'area della sezione, e dalla pendenza del fiume, sia dalla velocità riscontrata alla superficie nel filone del fiume. Quando vogliasi ottenere la velocità media V, e quindi il corrispondente valore di s, mediante la pendenza e la sezione del fiume, cadrà in acconcio l'equazione del Prony, addotta dal Venturoli (1), per la quale si ha

$$U=0,072+\sqrt{(0,005+3233D\cos.\varphi)},$$

esprimendo D il raggio medio, o sia il rapporto dell'area della sezione alla parte bagnata del suo perimetro, e φ l'inclinazione del letto alla verticale. O piuttosto con maggior fiducia potrà approfittarsi della formola proposta da Eytelwein, ed illustrata dallo stesso Venturoli (2) col confronto anche d'alcune sperienze fatte ne' nostri fiumi, la quale dà

$$U=-0,03319+\sqrt{(0,0011+2735,66D\cos.\varphi)}.$$

Che se si voglia dedurre la velocità media U dalla velocità osservata nella superficie del fiume, senza ricorrere ad altre formole, basterebbe di rammentare che, ove la velocità superficiale non sia maggiore di m. 3 per ogni minuto secondo, come ordinariamente accade in pratica, è con molta approssimazione la velocità media uguale a quattro quinti della stessa velocità superficiale, onde immediatamente da questa scaturisce il valore di quella (3).

Così nel fiume Taro, al sito ove fu poi stabilito il nuovo ponte, dall'essersi osservato che l'acqua correva alla superficie con velocità di m. 2,50 per secondo, se ne inferì la velocità media di m. 2, onde s=m. 0,20. E poichè l'area Ly della sezione si rinvenne di m. q. 1510, così con questo metodo risultò la portata del fiume in quella stessa sezione di m. c. 3020

(1) Vol. II Lib. II cap. XXXIV.

(2) Ricerche geometriche e idrometriche fatte nella scuola degl'ingegneri pontificî d'acque e strade l'anno 1821 — Milano 1822.

(3) Venturoli — Vol. II Lib. II cap. XXXVI.

per minuto secondo, risultato non molto diverso da quello ch'erasi ottenuto col metodo meteorologico. Ma per vieppiù approssimarsi a quelle leggi, che fu dato di arguire dai risultati delle sperienze idrometriche, sarà opportuno di ricavare la velocità media dall'equazione generale $u = v . \frac{v + 2,372}{v + 3,153}$ (1), ove v rappresenta la velocità della superficie. Per tal modo si troverebbe che la velocità media del Taro nella sezione anzidetta avrebbe dovuto valutarsi di m. 2,15, cui corrisponde s=m. 0,23; e conseguentemente la portata di m. c. 3246 per minuto secondo, valore pochissimo diverso da quello che si riovenne dal Cocconcelli assumendo il medio fra la portata di m. c. 3466, ottenuta col calcolo meteorologico, e quella di m. c. 3020, derivata dall' ipotesi che la velocità media sia alla velocità superficiale :: 4: 5.

Il processo più semplice, e nello stesso tempo meno ipotetico ne' suoi principii, e meno incerto ne' suoi risultati, si è quello, in cui la velocità media si deduce dalla superficiale mediante l' equazione ultimamente addotta; ond' è che non dubitiamo di proporlo come il più opportuno da seguirsi in pratica per ottenere la velocità media, e la portata, ove si tratti di porre a calcolo cotesti elementi per determinare la giusta ampiezza della luce d' un ponte, ovvero per altre somiglianti ricerche.—Cavalieri - Vol. II. da pag. 188 a 194.

---

(1) Venturoli — Nel luogo precitato.

l' area della fondazione la uniformità di compressione che assicura la stabilità dell' edifizio.

Egli è pertanto importantissimo di ben conoscere con anticipazione la specie di terreno sul quale dee posare la fondazione, onde determinare il metodo di costruzione che conviene adottare, e la spesa che sarà per risultarne. La cognizione del suolo s' acquista mediante tastamenti fatti di tratto in tratto nella direzione non solo dell' asse del ponte, ma benanco nel verso di linee trasversali al detto asse, e protratte di quà e di là della larghezza del ponte.

Adoprasi per fare questi saggi un ordegno di ferro, o *tasta* avente nella sua lungbezza, e specialmente verso la punta destinata ad essere conficcata nel terreno, delle tacche che van guernite di sevo: si fa entrare percotendone la testa con un maglio, e talvolta col sussidio d' una berta.

La tasta si ritrae facendola girare mercè d'un asta infilata in un occhio esistente al disotto della testa; ed essa arreca nel venir fuora le mostre del terreno da lei attravèrsato, le quali prendono nelle tacche il luogo del sevo: codeste mostre manifestano la natura del suolo.

Importa di profondare l' esplorazione quanto più è possibile, mediante taste, ovvero aste addizionali, che adattansi a vite le une alle altre.

Quando il terreno sodo trovisi a tale profondità, che non vi si possa stabilire immediatamente la base della fondazione senza aumentare di molto la spesa dei cavamenti e degli esaurimenti, o senza imbattersi in ostacoli non superabili, allora adopransi le palificate.

Son desse de' sistemi di pali affondati fino al sodo, le cui teste sono collegate da correnti e da traversoni formanti un graticolato, ovvero zatterone.

Sopra questa piattaforma appunto va stabilita la base dell' edifizio.

Le quante volte il terreno stabile sia a grande profondità, e quello che lo ricopre sia compressibile per natura, si rinunzia alla palificata; puossi non pertanto stabilire con buon successo, la fondazione sopra questa specie di suolo, ma fa allora mestieri adoprare gli spedienti che l' arte suggerisce, onde antivenire gli sconci che potrebbero risultare da una compressione non uniforme.

Si forma in tal caso un massiccio, che abbraccia le pile ed il vano dell' arcata, e s' impedisce la scorrevolezza del terreno, nel senso orizzontale, mediante file di pali aderenti le quali ricingono e racchiudono il massiccio, che prende la denominazione di platea.

Le platee di ponticelli, e quelle di ponti di piccola apertura apparecchiansi a piattabanda, ed alcuna fiata a volta riversa di tenue curvatura.

L' esperienza ha provato che ad ottenere l'opportuna concavità, quando adoprasi la volta riversa, vuolsi che la saetta della curvatura della platea sia tale, che dedotta dal raggio, il residuo uguagli una volta e mezzo o due volte l'ampiezza dell' arco.

Segue da siffatta regola non potersi le platee a volta riversa usare che negli archi di piccola dimensione.

Le platee de' grandi ponti si costruiscono con altro sistema. Desse sono un massiccio di muratura, le cui fronti soltanto sono apparecchiate a superficie concava.

Ritorniamo ai particolari delle operazioni del conficcamento de'pali e delle agucchie, ed esponghiamo alcune considerazioni intorno a questo metodo di fondazione.

I pali differiscono dalle agucchie, in quanto che nei primi gran parte della loro lunghezza rimane al disopra del suolo, ed i secondi vi sono interamente affondati.

La lunghezza d'entratura d'un palo è la quantità per la quale è entrato nel terreno avanti di giugnere al rifiuto assoluto.

Egli è chiaro che il numero ed il diamentro dei pali debbano essere relativi all'area della fondazione ed alla carica che debbono sostenere.

La resistenza assoluta negativa del legname, è il solo punto della teoria relativa ai pali, ed al loro conficcamento, che sia sufficientemente chiarito.

È noto che i pezzi di legno cilindrico ritti, compressi verticalmente, resistono nella ragion diretta de'cubi del loro diametro, e nell'inversa de' quadrati delle lunghezze.

Dagli sperimenti in grande instituiti ad Havre dagl'ingegneri di Ponti e Strade si riconobbe che un pezzo di o.^{m}24 di diametro, sporgente per o^m,97 al disopra del suolo nel quale era conficcato, è capace di tollerare, prima di schiacciarsi, un peso di 54,343 chilogrammi.

Tal'era presso a poco, e nelle medesime circostanze, la carica di ciascun palo di una delle arcate del ponte di Tours, la quale nel 1777 sbassò, per lo infrangimento della palificata, che cagionò poi la rovina di quella volta.

Nella pratica non vuolsi tener conto che di parte della resistenza assoluta desunta dalla regola applicata alla citata sperienza. Ordinariamente va ridotta alla metà.

Perronet inculca di determinare il numero de' pali di fondazione in guisa che ciascuno non abbia a sostenere più che 25,000 chilogrammi.

La regola dell'intervallo da lasciarsi fra i pali, risguardata per rispetto al terreno che non vuolsi soverchiamente comprimere, è desunta dall'esperienza dei grandi lavori di Ponti e Strade: dessa prescrive o^m,8 al *minimum* d'intervallo da mezzo a mezzo.

Dividendo la carica totale pel numero noto de' pali, si avrà quella cui ciascun di essi dovrà soggiacere.

Quindi avendo riguardo alla legge di resistenza ridotta, ed avvalendosi de'dati delle precitate sperienze, si determinerà il diametro de' pali ove ne sia fissato il numero, ovvero, quando fosse dato il diametro dei pali, si troverà, mercè della regola modificata, la distanza loro rispettiva.

Esiste un certo rapporto fra il diametro e la lunghezza d'un palo, per virtù del quale il conficcamento si opera con maggior vantaggio: l'esperienza ammonisce che i pali di 3 a 4 metri di lunghezza debbono avere 24 centimetri di grossezza.

L'affondamento de' pali e delle agucchie eseguesi mediante percussione.

L'apparato destinato a produrre tal effetto addimandasi *berta*. Il corpo che con la sua caduta produce la percussione dicesi *maglio*.

V'ha due maniere di berte. La prima, ch'è di assai comune uso, è la berta

semplice ; la seconda è la berta capra a scatto. Suole questa riserbarsi per l' affondamento delle grosse agucchie.

La berta semplice è stata perfezionata ne' lavori di Ponti e Strade. Il peso dei magli in questa specie di berta è di 3 a 400 chilogrammi, ed il numero d' uomini per muoverli , vuol esser tale , che a ciascuno non tocchi di elevare più di 14 a 15 chilogrammi all' altezza di un metro e tre decimi per secondo.

E' questa la misura dello sforzo che un uomo è capace di ripetere in 8 ore di fatica.

Chiamasi volata una serie di 30. percosse. Dopo una volata , la squadra fa posa per 30 secondi.

Tal riposo torna favorevole all' affondamento del palo , in quanto che fa cessare il moto trepidatorio in lui causato dalla percossa, e lo rende capace di subire più compiutamente l' effetto del colpo seguente.

In alcune circostanze , un palo percosso dal maglio d' una berta capra cessa di affondare , mentre continua a penetrare ove sia battuto da un maglio di minor peso , e di cui più brevi siano le cadute.

La spiegazione di siffatto fenomeno è , che una certa velocità produce talvolta una resistenza tale da annullare la quantità di moto che ne risulta.

Si distinguono in costruzione due sorte di rifiuto: il rifiuto assoluto, ed il rifiuto apparente o relativo.

Il rifiuto assoluto è quello in cui il palo, raggiunta la profondità alla quale si sa doversi ritrovare il sodo, non entra più che di soli 4. o 5. millimetri a volata.

Il rifiuto relativo ha luogo quando l'attrito del palo contra il terreno distrugge quel tanto di moto che concepisce in ogni percossa.

Ove si stasse a questo rifiuto relativo , senza prendere le precauzioni necessarie in tal caso , si esporrebbe l' edifizio sostenuto da cosiffatta palificata , ad un vicino disastro.

A schivare il rifiuto relativo , il quale è di leggieri riconoscibile , si procura di minorare quanto sia possibile tutte le cagioni di attrito ; si scorzano i pali e si acuminano dal capo inferiore.

In una terra argillosa , che difficilmente si comprime , non si può affondare che un certo numero di pali ; oltre il qual termine i nuovi pali fanno risortire quelli dianzi battuti. Ad evitare un tal' effetto alcuni ingegneri prescrivono di battere in questo caso i pali capovolti.

Egli è chiaro , che ove i pali affondinsi per assodare un terreno , fa duopo eseguire l'operazione dal centro verso la circonferenza.

Siccome importa di accelerare il più che sia possibile, e con tutt' i mezzi l' affondamento de' pali , a cagion della spesa degli esaurimenti i quali sogliono aver luogo nel medesimo tempo, egli fa mestieri adoprare tante berte quante ne consente lo spazio ; e , ad ottenere il massimo effetto , proporzionare il peso de' magli alla massa dei pali.

Egli è noto che una percossa non ha effetto, se non in quanto ella ecceda una certa quantità di moto comunicato , e ch' essa misura la resistenza che un palo affondato può opporre alla carica cui deve soggiacere.

Matematicamente parlando, non v' ha paragone a fare fra una forza viva ed una morta; tuttavolta dei frequenti esempi nell' affondamento de' pali provano che nna certa pressione può fare equilibrio con una certa percossa.

Giusta la formula del moto comunicato, si ha per lo caso dell' affondamento de' pali: $v = \frac{MV}{M+m}$; essendo M la massa del maglio, V la sua velocità, ed m la massa del palo.

v indica la velocità con la quale l' affondamento incomincia. Questo affondamento essendo proporzionale al quadrato della velocità, quanto a dire ad $\frac{M^2V^2}{(M+m)^2}$ ovvero ad $\frac{M^2h}{(M+m)^2}$, poichè la velocità V del maglio è proporzionale all' altezza h della caduta; ne segue che per uno stesso maglio ed un medesimo palo, l' affondamento è proporzionale all' altezza h della caduta.

Volendo paragonare l' affondamento di differenti pali conficcati nello stesso suolo con diversi magli, ciascuno affondamento sarà proporzionale ad $\frac{M^2V^2}{(M+m)^2}(M+m)$ ovvero ad $\frac{M^2h}{M+m}$

Secondo uno sperimento di Mariotte, l'urto d'un corpo d'un chilogrammo e tre centesimi, cadendo dall'altezza di $0^m,18$ equivale ad una pressione di chilog. 195,8.

Giusta una tale sperienza, ed applicando la precedente teorica, un maglio di 293 chilogrammi, cadendo dall'altezza media di $1^m,29$ produrrebbe una percossa il cui effetto equivarrebbe ad una pressione di 399,106 chilogrammi.

Cotal pressione misura la resistenza d' un palo, assoluto o relativo che sia il suo rifiuto.

Riducendo, siccome è duopo che si faccia questa resistenza alla metà, il palo potrebbe evidentemente essere gravato da più che 150,000 chilogrammi, cioè sei tanti della quantità assegnata dal Perronet per ogni palo di fondazione d' un edifizio; ma non vuolsi nascondere, che in isperimenti di tal natura ci ha tante cause d' incertezza, che tornerebbe talvolta pericoloso di rigorosamente attenersi ai risultati delle formule, e si opina essere conforme alla prudenza l'imitare quell' abile ingegnere, non mai eccedendo il limite della carica da lui fissata per ciascun palo a 25,000 chilogrammi.

La testa del palo va spianata e tagliata a sbieco nel suo contorno ond' essa non si scheggi sotto la percossa. Va benanco accerchiata da un collare di ferro il quale si toglie dopo l' affondamento.

Ove la terra sia tenace e dura, si guernisce la punta del palo d' un cuspide di ferro.

Vuolsi in questo caso aver cura, che la punta del palo, tagliata in piano, posi immediatamente nel cavo del cuspide, onde quello non s' inclini, e non istrappi, per lo sforzo della percossa, i chiodi che tengono le ale del cuspide infisse al palo.

Allorchè le circostanze lo richieggono, si giungono fra loro i pali e le agucchie, onde dar loro la necessaria lunghezza.

La giunzione dei pali si ottiene mediante due tacche a croce siccome nella fig. 23 tav. IV. La connessione delle due parti va rafforzata da due cerchi di ferro a cerniera. La giuntura de' legni squadrati si fa a mezza grossezza, e la congiunzione va ricoperta con una staffa orizzontale.

Fa duopo tenere un registro dell' affondamento de' pali e delle agucchie nel quale si tiene conto del numero d' uomini impiegati al conficcamento, della lunghezza di ciaschedun palo, del suo profondamento in ciascuna volata, del numero di volate perchè pervenga al rifiuto e della lunghezza per la quale è penetrato. Sono cotali registri utili non solo per determinare i prezzi dell' affondamento dei pali e delle agucchie, ma benanco per indicare le cagioni di certi effetti di cedimenti che talvolta han luogo durante e dopo la costruzione.

I pali dei ponti di servizio e delle ture, che per l' ordinario non si battono fino al rifiuto, non è necessario che sieno armati di ferro,

Compinto l' affondamento de' pali i palchi dismettonsi il macchinario si toglie; recidonsi le teste ad un livello, e si predispongono a ricevere la graticola.

Ove il terreno sia poco consistente, e che siavi a temere gli scoscendimenti delle scarpe nei cavi fatti per le fondazioni, allora nel giro del recinto si affondano de' pali-intermedi, ovvero delle palanche aderenti.

Sono le palanche una maniera di pali di poca grossezza, fatti con tavoloni di 3 a 4 decimetri di larghezza, e di 1 a 2 decimetri di grossezza.

Desse si congiungono costa a costa: e perchè il congiugnimento riesca più perfetto, unisconsi ad incanalatura e linguetta, purchè la docilità del terreno permetta cotale utile disposizione.

Le palanche usansi con profitto in tutte le idrauliche costruzioni. Si troveranno quì appresso frequenti esempi del loro impiego.

SUNTO DELLA XX.ª LEZIONE.

Graticolati — Ture — Esaurimenti — Tracciamento dell' opera — Fondazione mediante cassoni.

Per fare una compiuta applicazione de' principî relativi alla costruzione d'un ponte da collocarsi in sito, dove sia forza ricercare il sodo a tal profondità, che si renda impossibile di raggiugnerla col mezzo di cavi, e che costringa a far uso di palificate, noi proseguiremo l' esposizione delle particolarità di struttura in tal supposto, ed in quello dell' impiego d' un graticolato.

I pali, de'quali si è calcolato il numero, l'intervallo e le dimensioni dipendentemente dal peso delle volte, trovansi affondati nel recinto della tura: il suolo, cuoroso o poco resistente, travagliato dall' operazione della battitura, è balzato fuori, per l'altezza di un piede circa, e vi si è surrogato uno strato di terra argillosa, od anche meglio di una muratura con calcina e sabbia, la quale fa duopo rasenti la base de' maschi apprestati sulle teste de' pali per ricevere la graticola, sulla quale deve posare il primo strato della fondazione: sicchè tutto è disposto per adattare la graticola.

Il graticolato o zatterone è una specie di telaio di legname, formato di pezzi congiunti a mezza grossezza, e destinato ad esser sorretto da file di pali rispondenti a quei pezzi.

Qualora il terreno sia bastevolmente resistente verso la superficie del suolo, ovvero quando essendo poco compressibile, l' aia di fondazione si rinchiuda fra pali aderenti o fra palancate, è chiaro che se fassi uso d'uno zetterone, esso posa immediate sul terreno: nè siffatta circostanza arreca variazione alcuna nella sua composizione.

Ma allorquando una graticola abbia a stabilirsi sopra una palificata, e che per effetto d' irregolarità, spesso inevitabili nella battitura, taluno de' pali resti fuori linea, sopprimesi il maschio di questi pali, ed allora il graticolato si adatta sovra di essi per addentatura; e laddove il loro allontanamento sia troppo considerevole, il pezzo della graticola poggia su d' un cuscinetto applicato al palo, e che vi si trova infisso mercè di una o due chiavarde.

Le mortise, ovvero incastri ne' pezzi che compongono la graticola si segnano dopo averli provati in sito: tale precauzione è indispensabile.

Il pezzo nomato cappello è quello che costituisce il lembo della graticola. I correnti sono i pezzi disposti parallellamente alla lunghezza dell' opera, ed i traversoni, quei che son loro normali.

Codesti pezzi si commettono con incastri a mezza grossezza, ed i cappelli prolungansi oltre l' angolo di ciascun poligono per circa $0^m,32$. Cotali prolungamenti appellansi *mentonnets*, monachetti.

Allorquando la lunghezza d' un lato del poligono esige che si giungano più pezzi per formarlo, questi unisconsi a semplice ugnatura.

Qualora si voglia usare un tavolato, ovvero piattaforma di tavoloni sulla gra-

ticola, non sono necessari i correnti. Li traversoni si denominano allora *racinaux* catene, ed hanno una grossezza tanto minore di quella de' cappelli o architravi di quanto è tutta quella della piattaforma, la quale ultima giace ad un livello coi cappelli, e vi si congiugne mediante un battente.

Allorchè l'area fondale si recinge di palanche, queste non si conficcano se non dopo aver collocato i cappelli o architravi, alle cui facce verticali interne esse vanno assicurate.

La piattaforma che ricopre la graticola si fa con tavoloni di circa un decimetro di spessezza posti costa a costa e normalmente alle catene, alle quali si fermano con caviglie di ferro.

In luogo di muratura al disotto della graticola si pone talvolta, conforme s'è già detto, un massiccio d'argilla, e in tal caso impiegasi la medesima sostanza per colmare le cellette formate dalla graticola: sì fatto metodo è buono qualora ad essa si sovraimponga un tavolato. Il colmamento delle cellette, o che facciasi con muratura, o con argilla vuolsi che rasenti il livello superiore della graticola, onde il tavolato vi posi immediate e senza vacui.

Taluni ingegneri biasimano l'uso de' tavolati, massime quando le nicchiette della graticola si riempiono di muratura; son dessi, siccome avvisano, un corpo intermedio fra due murature delle quali vietano la collegazione. Facilita inoltre lo scorrimento delle masse, al quale sono sollecitate dalle spinte orizzontali che contro loro si esercitano.

In favor delle piatteforme si oppone a codeste obbiezioni, il caso possibile di scalzamento sotto il massiccio della fondazione, e l'inevitabile rovina dell'edifizio ove il tavolato non garantisse il corpo della muratura contro l'effetto degli interni scalzamenti; questi ultimi riflessi son causa che quasi sempre si adottino le piatteforme, a malgrado dell'aumento di spesa che cagionano.

Si può rendere minore la spesa della piattaforma contendandosi di riempire i vacui rimasti fra i correnti, con pezzi di tavoloni. Questo metodo non ha l'inconveniente di facilitare lo scorrimento delle masse, impedendolo i risalti derivanti dalla diversa grossezza de' correnti e delle tavole; ma ha quello di non offrire la medesima facilità per lo tracciamento dell'opera.

La fig. 24 tav. IV.ª mostra il profilo di tutte le parti costituenti un graticolato, con piattaforma approntata per sopraimporvi la fondazione.

Egli è chiaro che quando trattasi di fondare una pila o una testata entro d'un fiume, si è obbligato, ond'effettuire l'intromissione de' pali ed il collocamento della graticola, di procacciarsi coi mezzi dell'arte nell'area della fondazione uno stagno.

A tal uopo lo spazio dell'opera si separa dal corso dell'acqua mercè di argini e col mezzo di ture.

A cotali opere si dà un'altezza alquanto maggiore di quella cui pervengono le piene di està.

Il corpo della diga si forma di terra vegetale, ed anche meglio di terra cretosa, a cagion della tenacità, del peso e dell'impermeabilità di questa sostanza.

In un'acqua stagnante e di poca altezza basta farvi una diga di terra, con scarpe naturali.

Ove l' opera debba fondarsi in un fiume o nel mare, vuolsi allora costruire una *tura a cassa*.

La struttura d'una tura consiste in una doppia fila di pali distanti fra loro nel verso della lunghezza ordinariamente di $1^m,3$ da mezzo a mezzo, e per traverso quanto stimasi opportuno per la spessezza della tura.

La cassa della tura si fa con palanche a contatto.

Dopo aver legato le teste de' travi di ciascuna fila con una filagna esteriore applicata verso la sommità dei pali, s'incastrano sopra di essa delle catene trasversali a mezza grossezza ed a monachetto; siffatti pezzi collegano insieme le due file di pali.

Le palanche che compongono le pareti verticali della cassa si configgono costa a costa e aderenti a delle controfilagne interne.

La fig. 25 tav. IV è il profilo trasversale più usitato d' una tura, e mostra la connessione e la collocazione de' pezzi che la compongono.

A misura che si costruisce la cassa, si toglie la melma e la sabbia del fondo fra le due file di pali fino al buon terreno, la quale operazione ha luogo mediante il cavafango, o con cucchiaje.

Egli è manifesto che la riuscita d' una tura dipende precipuamente dalla diligenza che si usa nella sua costruzione. Si comprende anche quanto importi che l' imbottitura d' argilla nell' intervallo de' due recinti riposi immediate sul buon terreno affin di evitare le feltrazioni che avrebber luogo immancabilmente, ove l' imbottitura posasse sulla sabbia o sovra un suolo ghiaioso.

La riempitura in questione va anche fatta con precauzione: vuolsi pigiar la terra strato a strato con agitare il meno possibile l' acqua, onde non si distemperi l' argilla.

Bisogna evitare nella costruzione delle ture, l'uso de' pezzi di legname che le attraversino nel senso della grossezza. Dessi sarebbero altrettanti conduttori delle acque esteriori, le quali cagionerebbero feltramenti, ed è evidentemente essenzialissimo di tener lontane le cause che possono produrne.

Agevol cosa sarebbe il determinare, per le note regole Idrostatiche, la grossezza d'una tura, ove la resistenza da procacciarle si facesse dipendere dalla sola inerzia della sua massa; ma l' aumento di resistenza nascente dall' internamento de' pali e delle palanche è tale; così poco verosimile la ipotesi della rottura di cotali membri, e questa ipotesi si fattamente complica la soluzione del problema, che si è autorizzato a stabilirne la spessezza secondo l'uso invalso presso gl' ingegneri di Ponti e Strade, di cui una lunga esperienza ha confermato la riuscita.

Codest'uso vuole che si dia ad una tura costruita a cassa di legname, una spessezza uguale all'altezza d' acqua che dee sostenere, quando questa non ecceda i tre metri: oltre i quali, aggiugnesi $0^m,32$ per ciascun metro di altezza eccedente.

Le ture trovandosi situate in un' acqua corrente sono esposte a frequenti guasti. Fa mestieri che quando avvengono danni, i modi di rimediarvi, purchè le circostanze il comportino, vadano d' accordo cogli ulteriori lavori di costruzione. Un esperto ingegnere dee trar partito da queste opere addizionali, e farle cospirare alla solidità dell' edifizio.

Compiti i recinti delle ture, uopo è attendere agli esaurimenti, i quali si eseguiscono mercè di macchine più o meno complicate, poste in moto dagli uomini, o dalle correnti, se le località lo consentono e l'importanza degli esaurimenti lo esige.

Le macchine di cui l'uso è generale sono i bindoli idraulici verticali od inclinati, la coclea d'Archimede, i secchi e le gotazze all'Olandese da ultimo, che si usano a mano.

L'uso de' secchi e delle gotazze si confà solo alle brevi profondità; è allora il modo più sbrigativo, potendosi accelerare l'esaurimento aumentando a piacere il numero degli agenti, e porne anche tutto intorno il recinto.

Quando si ha spazio sufficiente è vantaggiosissimo l'uso della coclea d'Archimede. Si può per mezzo di questa macchina, con moltiplicare gli argini fare di profondi esaurimenti. Dessa è del resto semplicissima, e richiede poca manutenzione; ha sopra ogni cosa il prezioso vantaggio di non dare occasione a verun ristauro durante il lavoro, non guastandosi quasi mai.

I bindoli verticali domandano poco spazio, il prodotto è continuo, ma richieggono frequenti accomodi, i quali a dir vero sono facili in una officina bene ordinata, ed abbondantemente fornita de' necessari ricambi.

Il numero di macchine da porre in moto, dipende dallo spazio disponibile, dalla quantità d'acqua da esaurire, dal prodotto delle sorgenti e delle feltrazioni che d'ordinario non si possono antivedere. Non è quindi possibile determinare esattamente ed innanzi tratto il numero di macchine di cui si avrà duopo.

Nell'incertezza è meglio averne eccesso che difetto, onde si possa provvedere a' più sfavorevoli casi.

Se da una parte l'economia esige che le aie de' precinti sieno le minori possibili, in rispetto agli esaurimenti, impone dall'altra l'antiveggenza di serbarsi la possibilità di costruire delle contro-ture interne, talvolta necessarie, e di provvedere sempre allo spazio bisognevole per le operazioni di costruzione.

Quando le località lo permettono, si uniscono insieme in uno stesso precinto, le fondazioni d'una testata e d'una pila. Si dispongono pure i precinti in guisa che una porzione serva al precinto che segue.

Il tracciamento de' precinti dipende dalle forme dell'opera che si vuol fondare, e dalle modificazioni risultanti da riflessi di località e di previdenza, che non voglionsi trasandare.

Compiti gli esaurimenti, aggottato perfettamente il fondo, e collocato il zatterone, si prendono le necessarie misure per dare opera al muramento; ma pria d'incominciare, si delinea con precisione sulla piattaforma la figura dell'opera.

La prima operazione relativa a questo importantissimo delineamento è quella di fissare i due assi ovvero linee capitali. Si traccia l'asse longitudinale mercè di piuoli confitti sulle ripe del fiume, e nel suo alveo, e vogliensi così fattamente distribuire che non riescano d'impaccio alle costruzioni, ed al seguito delle operazioni. Essi van recisi ad uguale altezza, e sulle loro teste s'incide l'allineamento.

Codesti pali servono di capisaldi, cui si riportano tutte le misure orizzontali e verticali.

Dopo avere con più operazioni successive misurata l'ampiezza del fiume, se ne segna il mezzo con un palo, sulla cui testa incidesi anche l'allineamento.

Da questo punto si parte per distribuire tutte le misure orizzontali e parziali del progetto.

Fuori del precinto, e su d'un oggetto fisso ed invariabile si stabilisce un caposaldo per le altezze. Desso va fissato al pelo magro, da esso lui indicato mediante una linea orizzontale.

Questa linea pingesi in nero nella metà superiore ed in bianco nell'inferiore, affinchè il pelo magro sia esattamente distinto e facilmente preso nelle operazioni ulteriori da farsi col livello.

Si riporta questo punto di convegno in ciascuno de' successivi precinti, e si ha cura di spesso verificare l'esattezza della sua posizione confrontandolo col segnale primitivo.

Col sussidio di cotali punti ben fissati, la delineazione della figura dell'opera si fa agevolmente, e puossi quindi passare alla costruzione, e stabilire francamente la muratura.

Tali sono le operazioni che precedono la costruzione de' muri di fondazione, quando si adopera una palificata, od una piattaforma, vuotando il precinto mercè di ture e di esaurimenti. Ma v' ha un altro metodo di fondare le opere idrauliche, ed è quello dei cassoni. Desso si adopera quando le località non permettono la costruzione delle ture, ovver quando per la profondità eccessiva si rendano impossibili gli esaurimenti, od infine quando voglionsi schivare le spese sempre gravi delle ture e degli esaurimenti.

I cassoni sono di due maniere.

Sono della prima maniera i cassoni con fondo, ne' quali la muratura si costruisce all' asciutto.

I cassoni della seconda specie son privi di fondo e si adoprano per le fondazioni da costruirsi con quella muratura che denominasi *bitume*, la quale si getta nel cassone attraverso l'acqua di cui esso è pieno.

La prima specie di cassoni, immaginata in Inghilterra e perfezionata in Francia, è stata con successo adoperata per la fondazione de' ponti di Saumur e di Tours; lo è stata poscia per le rive murate del bacino di Tolone, e se n'è fatto uso, non ha guari tempo con ottimo successo, per la fondazione de' nuovi ponti di Parigi.

La prima maniera di cassoni consiste in una chiatta o gran battello piano con fondo orizzontale e composto di travi aderenti; le pareti verticali sono formate da telai di tavoloni ben congiunti e calafatati. Dessi possono dismettersi e staccarsi dal fondo allorchè, compita la muratura, sono addivenuti inutili.

Il cassone si fissa nel luogo che deve occupare la fondazione fermandolo in quella situazione mediante ritti o regoli che entrano ne' rispondenti canaletti del cassone, e che non gli lasciano facoltà di obbedire ad alcun moto che non sia verticale.

È rado che il suolo naturale costituente il fondo del fiume offra una superficie piana di livello con la quale possa il fondo del cassone combaciare; egli è quasi sempre necessario di preparare il suolo, o con distruggere le asperità e le ineguaglianze che presenta, ovvero apponendovi e distendendovi uno strato di ter-

reno addizionale; operazioni gelosissime, che domandano molta perizia nell'ingegnere che le regola. Così predisposto il terreno, il cassone vi si asside da se, allorchè il suo peso, unito a quello della muratura, compone un peso maggiore di quello del volume d'acqua che discaccia.

Siccome non sempre è possibile di disporre opportunamente il suolo a ricevere il cassone, e spesso tornando inutile alla solidità, che la fondazione oltrepassi una certa profondità, in questi casi si usa di collocare il cassone al disopra del fondo del fiume, posandolo su d'un sistema di pali recisi ad un livello e ad una certa profondità sotto la superficie delle acque.

La decapitazione de'pali sott'acqua si eseguisce con la macchina da segar pali.

Questa ingegnosissima macchina ripete il suo perfezionamento dal fu S. de Cessart Ispettor Generale di Ponti e Strade.. In oggi è giunta a tale, che alla profondità di 15 piedi sott'acqua, si può agevolmente tagliare, da un palo già reciso, una fetta di due linee di spessezza.

Era necessaria una tal perfezione in questa macchina, per ottenere con precisione sott'acqua, la recisione della totalità de'pali secondo un piano orizzontale, condizione essenziale pel buon successo di cotal maniera di costruzione.

Qualora le località e la specie dell'edifizio esigono che il fondo del cassone posi immediate sul suolo, vuolsi siccome s'è già detto, prepararlo con metterlo in perfetto livello.

In due modi si consegue questo fine, o tagliando le prominenze al disopra del piano di livello, ovvero arrecandovi del terreno addizionale per colmare i cavi.

Adottasi per l'ordinario l'ultimo partito.

L'operazione di versare il terreno addizionale, il suo conguagliamento secondo un piano di livello, e la sua compressione per dargli la necessaria densità, domandano de'procedimenti ingegnosi, analoghi a quelli praticati per la fondazione delle platee delle chiuse di Dieppe e del Tréport dall'ingegnere Lamblardie. Essi trovansi in gran parte registrati nell'opera del Cessart; ma convien contentarsi di questi semplici cenni, perocchè i particolari in cui saria duopo internarsi menerebbero a sviluppi cui non mi è dato abbandonarmi.

Ad ovviare l'inconveniente del moto d'ascensione e di discesa del cassone durante il muramento, moto che ha luogo ogni volta che le acque sulle quali galleggia sperimentano una mutazione di livello, alcuni ingegneri adottano il partito di affondare il cassone avanti d'incominciare la muratura, fissandolo nella sua posizione mediante una carica provvisionale.

Altr'ingegneri, e sono il maggior numero, lascian galleggiare il cassone fino al punto della sua discesa, la quale è il risultamento del peso della muratura che si costruisce nel suo interno.

Ciascun de'due metodi ha i suoi vantaggi e i suoi inconvenienti. La scelta fra i due dipende dalle circostanze locali, e segnatamente dall'indole del fiume nel quale va stabilito l'edifizio.

Allorquando il cassone posa su d'un sistema di pali, è essenziale di fare una sassaia che colmi tutt'i vacui fra questi rimasti, e vuolsi schermire dagli scalza-

menti il basamento, mediante schiere di pali esterni aderenti, che rinchiudano la sassaia.

Mediante cassoni di questa prima maniera appunto sono state fondate le pile de' ponti delle Arti, e del Giardino delle Piante, e di quello di Iena di faccia alla scuola Militare. Per tal modo si è abbreviato il travaglio di più periodi, e la spesa è stata assai minore che se fossersi stabilite le fondazioni nella consueta maniera delle ture.

I cassoni della seconda sorta, sono senza fondo ed offrono nn modo di fondare da lunga pezza usitato in Italia, segnatamente ne' lavori marittimi del Mediterraneo.

Siffatto metodo di fondazione è sicuro quanto economico, le quante volte le località offrano un fondo di roccia abbastanza solido per allontanare la tema degli scalzamenti.

Il suo impiego richiede ancora che si abbiano i materiali necessari per formare il bitume, sorta di smalto il cui uso è indispensabile in questa maniera di costruzione.

Io me ne sono avvalso con felice successo per la fondazione della nuova pila del ponte di Notre-Dame di Cahors, a 16 piedi di profondità sotto l'acqua.

In questa seconda specie di cassoni le pareti verticali non si dismettono: esse restano aderenti alla muratura, ma questo mezzo di conservazione non però dispensa dalla precauzione sempre necessaria di una sassaia intorno al cassone.

Il versamento del bitume nel cassone, si eseguisce con mezzi propri a tal maniera di costruzione, facili ad immaginarsi, e tali, che il bitume, nel traversare che fa la massa acquea per arrivare al fondo, si stempri e si scompona il men possibile.

Il metodo di fondare con cassoni, siano della prima o della seconda sorta, offre in generale di molti vantaggi, ma presenta nel tempo stesso delle difficoltà: l'impiego di cotal mezzo vuolsi affidare all'esperienza d'un esperto ingegnere.

SUNTO DELLA XXI.ª LEZIONE.

Costruzione delle volte — Armature delle grandi arcate — Disarmamento — Ponti di legname.

La muratura della fondazione delle pile e delle spalle, quella del corpo delle pile, e perfino i primi corsi inferiori delle grandi arcate, della cui costruzione siamo per occuparci, innalzasi senza difficoltà fino a cert' altezza; ma l' inclinazione de' cunei obbliga bentosto a sostenerli dando loro de' punti d' appoggio.

L' angolo d' attrito pe' corpi levigati è fissato dall'esperienza a 18.° 20' sull' orizzonte; ma l' osservazione ha provato che i cunei, a caugion della scabrezza delle facce, non incominciano a scorrere se non quando l'angolo giugne a 39.°4'.

Al disopra di cotal punto incomincia la necessità di sostenere i cunei. Adoprasi a tal' uopo un' armatura in legname il cui insieme, e le dimensioni di riquadratura vogliono esser tali ch' essa possa sostenere senza infettersi tutto il peso della volta.

L' armatura, nella costruzione di volte di ordinaria grandezza è formata da due *cosciali* o puntoni inclinati, che a vicenda sostengonsi nell'alto, con la frapposizione d' un monaco col quale si congiungono ad incastro con indentatura, e che poggiano col capo inferiore sulle riseghe delle pile praticate al disotto dell' origine della volta, e talvolta sopra pietre sporgenti chiamate (*corbeaux*), mensole. Dei mozziconi di travi incastrati perpendicolarmente sui cosciali sorreggono dei pezzi configurati secondo la curvatura dell' intradosso e che addimandansi (vaux) *forme* o *curve*; finalmente una catena orizzontale che raffrena i cosciali ed il monaco consolida tutto il sistema.

Le curve non giungono fino all' intradosso, ma lasciasi un vuoto ovvero intervallo di 7 ad 8 pollici ($0^m,19$ a $0^m,21$) per collocare orizzontalmente e ad angolo retto sulle centine di lunghi pezzi nomati *dossali* i quali son destinati a ricevere immediatamente i corsi de' cunei.

Tal' è il sistema generalmente in uso, e la composizione d' una delle centine che costituiscono l' armatura necessaria per la costruzione d' una volta di grandezza ordinaria.

Il numero delle centine dipende evidentemente dalla larghezza della volta, e si vuol desumere per modo, che il peso della stessa non le faccia inflettere.

Sopra l' armadura nella suddetta guisa predisposta si collocano i cunei. Questa operazione per le arcate di mediocre ampiezza non domanda se non le cure che si usano nella costruzione delle volte in generale; ma la felice riuscita delle grandi arcate richiede nel collocamento dei cunei le maggiori possibili cautele.

Allorquando per la lontananza de' centri, non si può esattamente verificare la situazione dei cunei mediante i raggi di curvatura, essa si determina calcolando le ascisse e le ordinate corrispondenti a ciascun cuneo; coi quali valori e col mezzo di segnali infissi sulle pile e sulle spalle, è facile determinare con esat-

tezza, mercè di lunghi regoli e del livello a bolla d'aria, il sito che ciascun cuneo deve occupare.

Per verificare se le commettiture ovvero i piani combacianti dei cunei sono normali alla curva intradossale, si fa uso di un quadrante le cui divisioni del lembo sono calcolate per ciascun cuneo.

Facile è l'uso di codesto quadrante. — Si adatta uno de' suoi raggi alla giuntura del cuneo, e fa duopo che il filo dal quale pende il piombino di cui è corredato l'istrumento, covra la divisione del lembo segnata col numero del cuneo: ciò non avverandosi l'operaio aumenta o diminuisce l'inclinazione del cuneo mercè d'una bietta, fino a che il filo non cada sulla corrispondente divisione. Quando in questa situazione il cuneo soddisfa parimente alle coordinate ortogonali suddette, si può esser sicuro ch' esso occupa il suo proprio luogo.

Prescindendo dalla buona scelta de' materiali, dalla esatta osservanza delle regole poi anzi assegnate, e dalla qualità delle malte, il successo della costruzione delle grandi arcate dipende anche in particolar modo dal sistema di armatura generalmente adottato da qualche tempo, dalla sua composizione, e dal metodo di disarmamento.

Le armadure di un tempo erano in più punti sostenute dal suolo; e tal disposizione, facendo gravare la carica sul mezzo dei cosciali, non era favorevole alla resistenza; oltrechè i denti e le mortise che richiedevano, affievolivano il sistema. Con ragione vi si è quindi rinunziato per sostituirvi quello delle centine a *poligoni*.

In questo i cosciali sono per tal modo disposti, che i loro estremi di un'ordine si congiungono nel mezzo di quelli d'un ordine superiore od inferiore, co' quali formano delle figure triangolari aventi per base la lunghezza d'un cosciale. Questo sistema è incatenato da staffe inclinate secondo la direzione del raggio di curvatura cui gli archi appartengono, le quali abbracciano simultaneamente gli estremi d'un ordine di cosciali, ed il mezzo di quei d'un' altr' ordine. Cotale disposizione permette all' intero sistema di concepire un certo moto elevatorio verso la chiave, e di depressione poi sotto il gravame, senza incoveniente quanto alla solidità della costruzione qualora un tal moto sia giudiziosamente regolato.

Per ben dirigere l'andamento della costruzione delle grandi volte, importa di conoscere i vari movimenti che operansi non solo nelle centine ma in esse medesime le volte, durante e dopo la loro costruzione.

Da prima, cioè subito dopo l'erezione delle centine, queste si deprimono pel proprio peso, e poscia ancora per quello delle volte.

Vuolsi prevedere l'effetto di questo calo, e predisporre opportunamente la curvatura delle centine.

Tosto che si situano i cunei delle reni della volta, il loro peso tende a sollevare le centine verso la chiave.

Per opporsi ad un tal'effetto, si carica provvisionalmente il sommo delle centine con un certo numero di cunei.

A misura che la muratura della volta si eleva l'armadura nuovamente cede-

sotto il peso della fabbrica. Al ponte di Neuilly nell' istante della collocazione delle chiavi lo sbassamento era di m. 0,354, circa 13 pollici e 3 linee.

Risulta da questi differenti movimenti nel sistema della volta, in sulle prime un distacco nella parte superiore delle commessure dei cunei a poca distanza del piano verticale dell'origine della volta, ed indi più nell' alto; ma esse richiudonsi dappoi che le chiavi sono situate.

Il peso totale che sostenevano le armadure in ciascheduna delle arcate del ponte di Neuilly era di 2,400000 libre. Il calo delle centine sotto questa carica continuò fino al punto del loro disarmo, alla qual'epoca la totale depressione era di $0^m,52$, circa 19 pollici.

Affin di diminuire il calo delle volte, usavasi anticamente di porre a secco gli ultimi ordini di cunei, e di stringerli con biette di legno cacciate a forza fra striscie insaponate; ma questo metodo aveva l'inconveniente di cagionare la rottura de'cunei, e con ragione vi si rinunziò. In oggi gli ultimi cunei e la chiave pongonsi del pari che gli altri cunei a bagno di malta.

Non v' ha epoca fissa per procedere al disarmamento delle centine, relativamente alla solidità che può risultare dall' acceleramento o dal procrastinamento di siffatta operazione.

Non s'è scorta differenza alcuna sensibile fra i movimenti di arcate disarmate subito dopo la ponitura delle chiavi, o dopo aver lasciato che le malte si assodassero.

Tuttavolta sembra esigere la prudenza, che si aspetti quest' ultima epoca; lo che importa quindici giorni presso a poco, secondo la porosità della pietra, e la natura della calcina onde le malte si compongono.

Il punto di rottura delle volte, cui gli sperimenti instituiti dal Perronet han collocato nel caso più sfavorevole verso il terzo della semivolta, dimostra come senza timore si possan togliere i dossali fino a quel punto circa, poichè in quel luogo le centine sono sospinte verso la volta dalla carica de' cunei superiori.

Vuolsi ire a rilento nel togliere i dossali, onde impedire che la parte della volta che cala, non concepisca una certa velocità. La caduta dell'arcata potrebb'essere la conseguenza d' una soverchia fretta nell' operazione,

Si prosegue il disarmamento, togliendo successivamente i dossali andando verso la chiave, e togliendoli simmetricamente da ambe le parti di ciascuna volta.

Questa operazione durò 19 giorni al ponte di Neuilly, ed i sette ultimi corsi di dossali furono tolti nell' ultimo giorno.

Secondochè i dossali venivan tratti, eran surrogati da sbadacchi di legno ritti, posti fra la centina e la volta.

Tolti via tutt'i dossali, codesti sbadacchi furon distrutti a furia di scalpello. Non più d' un ora s' impiegò in questa operazione: all' avvicinarsi della chiave essi restavano infranti sotto il peso della volta la quale concepiva un calo successivo ed uniforme.

Come le centine si trovarono libere, si rialzarono di (0^m, 162), circa 6 pollici per la elasticità del legno.

Nel tempo in cui si tolsero i dossali, le volte cederono di (0^m, 162.) ovvero

sei pollici ; durante la distruzione degli sbadacchi lo sbassamento fu di 0^m, 030. o 18. linee , e nel domani di 0^m, 029 cioè 13 linee. Così andava via via scemando ed intanto si distendeva il pavimento, e si costruivano i parapetti. Poco stante il calo cessò affatto, e quando quei lavori furono compiti, la depressione totale fu di 0^m, 297 , 11 pollici all' incirca.

Cedeste sono sommariamente le operazioni essenziali alla costruzione delle grandi arcate de' ponti. Tali sono gli effetti principali che han luogo nella composizione , e nel dismettimento delle centine , e la cui cognizione è indispensabile allo ingegnere preposto alla costruzione di siffatti pubblici monumenti.

Ponti di legname

Co' ponti di legname si pon termine a questa seconda Parte

Dessi vanno ordinati in due classi principali.

Nella prima il pavimento è disteso sovra un tavolato stabilito su di travi orizzontali, sostenuti ne' loro capi da punti d'appoggio che s'innalzano dal suolo, qualora il ponte si componga d' una sola apertura.

Quei della seconda classe consistono in un sistema di armatura , i cui punti d' appoggio sono nel basso dell' arco circolare , o del poligono , che forma la loro centina frontale. Sono un' armatura a poligono.

La prima maniera è applicabile solo alle piccole aperture.

La seconda si presta a qualsivoglia ampiezza.

La luce o sbocco , nomasi *travata* ; gli estremi punti d' appoggio , siccome ne' ponti di fabbrica , si addimandano *spalle* , *testate* ; e gl' intermedi , se v' ha più d' una travata , *palate*.

Le testate di legname si costruiscono alla maniera delle rive di scalo di cui sarà discorso a suo luogo.

Le palate sono semplici o composte secondo la specie del ponte.

Le semplici consistono in una fila di pali, e sovr' essi un corrente.

Le composte è mestieri presentino una composizione analoga al sistema d' armatura che si è adottato.

I pezzi su cui poggiano le origini dell' armadura , nella seconda specie di ponti di legname , van situati al di sopra del livello delle alte acque

Un sistema d' armatura nelle centine , e nelle palate composte , che permette il surrogamento de' membri viziati , è quello che merita d' esser preferito.

Innanzi alle palate si piantano de' *guardiani* isolati dal ponte

Si usa di diminuire la portata delle travi poggiandoli sovra pezzi chiamati *cuscini* o *sottotravi* , i quali sono nel piano verticale delle travi e sono infissi alle testate o alle palate, dal vivo delle quali sporgono per un metro o per un metro e mezzo. Questo aggetto dei sottotravi è talvolta sostenuto da un *saettone*.

I panconi del tavolato su cui si stende il pavimento , si uniscono costa a costa e situansi perpendicolarmente alla direzione delle travi longitudinali.

De' pezzi di legname incastrati sulle travi , e situati di tratto in tratto fra i ta-

voloni, dei quali ultimi oltrepassano il livello, ricevono a dente e mortisa, le colonnette ed i legami interni ed esterni de' parapetti.

Un pancone messo di costa, chiamato sponda, ed aderente alle colonnette dei parapetti, rattiene la forma di sabbia, che serve alla costruzione del pavimento.

Ricopresi talvolta il palco d'un bandone di piombo o di rame; ma siffatto modo di conservare il legname si riserba per l'ordinario pe' grandi ponti della seconda specie.

La dimensione di riquadratura de' pezzi, nel rispetto della solidità ch'è duopo essi abbiano, determinasi nella prima maniera di ponti:

1.° In conformità della legge che stabilisce essere la resistenza in ragion del quadrato della dimensione parallella alla potenza, moltiplicata per l'altra dimensione di riquadratura, e nell'inversa della lunghezza de' pezzi.

2.° Giovandosi degli sperimenti fatti all'Havre, inseriti, siccome fu detto, nell'opera dell'ingegnere Girard sulla resistenza de' solidi, e sui solidi di ugual resistenza e ricavandone il rapporto delle saette di curvatura de' pezzi, ai pesi che le producono.

Questo effetto dei carichi sui pezzi orizzontali, è quello che importa conoscere. I numerosi sperimenti instituiti da Buffon, non offrendo se non risultati di rottura assoluta, non possono convenire alla determinazione della riquadratura de' legni ch' entrano nella costruzione dei ponti.

È noto che un pezzo fisso ne' suoi capi non dà nel suo mezzo che la metà della saetta che per uno stesso peso si produrrebbe, ove la trave liberemente posasse sui sostegni.

Si sa altresì che un pezzo su tutta la lunghezza del quale un peso è uniformemente ripartito, è capace d'una resistenza doppia di quella che avrebbe, ove la totalità del peso fosse raccolta nel suo mezzo.

Col mezzo di queste considerazioni, delle riferite regole e de' precitati sperimenti, si può determinare la riquadratura delle travi in positura orizzontale.

Codeste regole sono applicabili del pari ai pezzi inclinati, dappoichè quando un pezzo ritto comincia ad inflettersi sotto il peso, può riguardarsi come un pezzo orizzontale sollecitato a rompersi da una forza trasversale agente in direzion normale alle sue fibre, e calcolarsi la sua resistenza, modificando a seconda del grado d'inclinazione ch'esso serba nel sistema la porzione di forza assoluta che agisce contro di lui.

Questi generali principi convengono ad ogni specie di ponti di legname, e con essi si chiude la seconda Parte di questo Corso, la quale ha per iscopo le comunicazioni per terra.

PROGRAMMI

OVVERO

REASSUNTI DELLE LEZIONI

D' UN CORSO DI COSTRUZIONE



PARTE TERZA

APPLICAZIONI AI LAVORI RELATIVI ALLA NAVIGAZIONE ED AI PORTI DI MARE.

SUNTO DELLA XXII.ª LEZIONE.

Navigazione naturale ed artifiziale — Spiegazione de' principali lavori d'arte.

Questa terza parte ha per iscopo l'applicazione de' principi di già stabiliti sull'arte delle costruzioni, ai lavori che si riferiscono alla navigazione: cioè a quelle opere d'arte, ed a quei lavori, che sono necessari ad istabilirla ed a farla prosperare.

In questo senso,

la navigazione in generale è.	interna	e comprende le comunicazioni per acqua mediante fiumi o canali.
	o	
	esterna	che comprende i porti e le rade.

La navigazione interna si divide in	naturale	che ha luogo sui fiumi per natura navigabili.
	artificiale	che operasi nei fiumi che l'arte ha resi navigabili, ovvero nei canali.

La navigazione naturale ha luogo alloraquando i fiumi offrono una profondità sufficiente alla maggiore immergibilità de'battelli, ed allorchè la pendenza permette di navigare contro corrente, sia con la vela, sia mercè dell'alzaia.

La determinazione del limite d'onde la navigazione naturale comincia, dipende:

1.° Dalla forma o carena de' battelli, la quale influisce sulla loro immergibilità;

2.° Da' venti dominanti, rispetto all' andamento generale del corso del fiume;

3.° Dalla natura delle alluvioni che trasporta, le quali sono esse medesime il limite naturale de' diversi tronchi ne' quali si divide il corso del fiume;

4.° Dalla larghezza del letto.

Il limite superiore della navigazione naturale d' un fiume è per l'ordinario all'origine del tronco che trasporta sabbie, e corrisponde ad una pendenza di m. 3 per 6000.

Questa pendenza è il *maximum* di quella, nella quale la navigazione ad alzaia è praticabile.

La navigazione a vela richiede minor pendenza: l' esperienza ha provato non dover questa essere che di un metro e mezzo per 6000 all' incirca. Tal'è il medio declivio della Senna fra Rouen e Parigi; percui vi si potrebbe, a riguardo della pendenza, stabilire una navigazione a vela.

La via per l' alzaia vuolsi stabilire sulla sponda in dove la profondità del fiume è maggiore. Il fiume debbe lambirla, e non debb' esservi fra questo e la riva niuno impedimento che possa turbare od impedire la continuità del tiro. Ove sono dei ponti, ad agevolare e ad assicurare siffatta operazione, la via va collocata sotto le arcate estreme, qualora le volte sieno ad un arco di cerchio, siccom'è stato praticato al ponte della piazza di Luigi XV; ovvero dietro le testate, quando le volte sono depresse, come nel ponte di Neuilly; in una parola fa duopo evitare di condurla per sopra il ponte, siccome s' è fatto in quello delle Tuileries. Cotale ultima maniera presenta di gravi inconvenienti.

L' altezza in cui va collocata la strada rispetto al fiume, fa duopo si elevi alquanto più di quella in cui le piene fanno cessare la navigazione.

Nei fiumi di molta pendenza, e quando la spesa del tiro de' battelli pareggia quella de' trasporti usuali, egli è chiaro che la navigazione non essendo profittevole, un siffatto sistema va abbandonato, per questo riflesso non solo, ma benanco pei continui rischi cui va incontro.

I primi ad occuparsi della teorica delle acque correnti furono gl' Italiani.

Le indagini teoriche, circa la determinazione del regime de' fiumi, tuttochè importanti, non possono formar l' obbietto del presente Corso.

I principali ostacoli alla navigazione naturale de' fiumi sono: la soverchia declività del letto, e le chiuse per gli opificî prive de' mezzi onde si avvale l'arte per superarle; le isole, e le alluvioni, le quali innalzano il fondo e turbano il regime del fiume.

L' arte è chiamata a rimuovere siffatti impedimenti, e le opere, cioè i mezzi di che essa si prevale onde sormontarli, costituiscono la navigazione artificiale.

Ogni progetto di miglioramento d' una navigazione artificiale è preceduto da una livellazione, la quale determina la pendenza del fiume.

Per ottenere in questa operazione quel grado di precisione assolutamente indispensabile in progetti di tal natura, si richiedono alcune precauzioni, e fa mestieri eseguirla con la livella a cannocchiale ed a bolla d' aria.

Ad ottenere siffatta precisione si costuma di dividere il corso del fiume in tante

stazioni non maggiori di 1000 metri, e di non passare dall' una all'altra se non dopo più varificazioni, le quali si ottengono mercè di livellazioni ripetute, i cui risultamenti debbono essere presso a poco identici: la livellazione reputasi plausibilmente esatta le quante volte il risultamento delle verificazioni confermi il rapporto dell'altezza de'pichetti o segnali estremi di ciascuna stazione con la differenza non maggiore di 4 a 5 millimetri.

Qualora il fiume che si vuol rendere navigabile abbia sufficiente larghezza, e sia nello stesso tempo poco soggetto alle alluvioni ed alle escrescenze, e che infine offra dovunque la necessaria profondità con una discreta velocità, si può allora stabilire nel suo alveo la navigazione.

Ma quando il pendio naturale oltrepassi i m. 3 per 6000 di lunghezza, di sopra fissati, uopo è in tal caso procacciarle cotal pendenza mercè di dighe o serre opportunamente collocate,

Nello scerre il sito, e nel fissare l' altezza di cotali serre, vuolsi evitare che tornino a danno dell' agricoltura, e che espongano le campagne ad essere sommerse all'epoca delle piene.

Ordinariamente queste opere non possono aver luogo senza più o meno d' inconvenienti per le proprietà adiacenti; dal caso in fuori in cui i fiumi siano naturalmente incassati, o arginati per arte.

Ma eccone giunti al punto, in cui si ha d' uopo della definizione di alcuni vocaboli, e della spiegazione di alcune opere: sono desse indispensabili alla intelligenza di ciò che segue.

La caduta d' una serra o d' una chiusa, è la linea che verticalmente misura la differenza del livello dell'acqua fra il letto superiore e quello inferiore d'un fiume il cui corso trovasi diviso da una di quelle opere.

Un canale di derivazione, o un canale che vivifica un opificio, o che è necessario ad agevolare la navigazione d' un fiume, addimandasi *biez*, *ovvero bief* (1). Onde dicesi *biez superiore*, *biez inferiore*.

I lavori d' arte che la navigazione impiega per fare che un battello ascenda la caduta prodotta da una serra, sono:

Le traverse, ovvero parate, e paratoie:

Le chiuse semplici;

Ed i sostegni da ultimo.

Siffatte opere procacciano il modo di aprire o di chiudere a piacimento la comunicazione fra i letti superiore ed inferiore, e si prestano quale più, quale meno alla discesa ed all' ascensione de' battelli.

Ove la chiusura si operi mercè di porte o di cateratte, siavi o no un muro di caduta, dessa è una semplice chiusa.

Se la separazione ha luogo mediante travi collocate sia orizzontalmente sia verticalmente, e se la platea ovvero piattaforma o tavolato sul quale l' opera è

---

(1) Noi diremo *diversivo* un tal canale; ed allorquando si tratterà di distinguere due porzioni d'un medesimo canale, nelle quali per effetto d' una serra o d' una chiusa l' acqua scorra a due diverse altezze, nomineremo l'una *tronco superiore* e l'altra *tronco inferiore*. T.

eretta forma un piano inclinato, allora dessa è una travata od una paratoia.

Un sostegno a vasca è un edificio composto di tre parti essenziali: la chiusa superiore, l'inferiore e la vasca che le separa: questo bacino è destinato a ricevere i battelli.

Mediante le porte a controbattenti di cui i sostegni sono muniti, si può, isolando la conca dall'uno e dall'altro tronco, innalzarvi od abbassarvi il livello dell'acqua; ed allorchè essa sarà nel bacino all'altezza necessaria per potere aprire le porte dell'una o dell'altra chiusa e farvi entrare il battello, si richiudono le porte che si erano aperte, e con modi semplicissimi, s'innalza o si abbassa il battello, innalzando od abbassando il livello dell'acqua nel cratere: ciò fatto si ristabilisce la comunicazione fra la vasca e quel tronco nel quale si vuole che entri il battello.

Lo stabilimento delle paratoie o delle travate per far che i battelli valichino le cadute d'una serra, offre alla navigazione gl'inconvenienti ed i pericoli più gravi; cotai lavori sono il prodotto dell'infanzia dell'arte.

La sicurtà e la facilità della navigazione mediante i sostegni, dee farli preferire in qualsivoglia circostanza, non ostante l'eccesso di spesa cui dan luogo.

Nella navigazione artifiziale stabilita entro il letto d'un fiume, i sostegni sogliono avere il loro asse longitudinale situato secondo la corrente di quello, e siffatta positura gli espone a di gravi sconci. Quando costruisconsi lateralmente al fiume, o normalmente alla sua corrente, riuniscono molti vantaggi, epperò questa disposizione è da anteporsi.

Le isole in generale disturbano la navigazione; conciossiachè con ampliare la media sezione del fiume, vengono a scemare la profondità, e la velocità delle sue acque: essendo sempre codesta profondità ne'fiumi nella ragione inversa della loro larghezza. Questo inconveniente si evita abolendo i passaggi minori per non servirsi che del ramo principale.

Le serre naturali che si formano alle foci de' fiumi, sono l'inevitabile effetto d'una legge d'equilibrio: non è dato all'arte d'impedirlo, ma bensì di correggerne alcuna volta gl'inconvenienti a pro della navigazione, con istabilire, mediante un canale di derivazione, una foce artifiziale.

Pare che dai Romani siasi adoprato questo mezzo per evitare lo scanno alla foce del Rodano, e che a questo scopo siasi da loro scavato un canale, colmatosi dappoi, ma di cui rinvengonsi tuttavia le vestigia, e che, prendendo le mosse da Arles, difilato recavasi al mare. Questo esempio, e le difficoltà che incontra la navigazione nell'attuale foce del Rodano, han dato motivo al canale di Bouc che di presente si apre, il quale farà comunicare il Rodano, un poco all'ingiù di Arles, col porto di Bouc.

Così: una buona disposizione di chiuse affin di mantenere un altezza d'acqua costante in tutte le parti d'un fiume, e sufficiente alla qualità di battelli che vi debbono navigare, avente per fine di moderare la velocità e di ridurla all'uniforme sistema di un metro di pendìo per 6000 di lunghezza; delle comode vie per l'alzaia, de'sostegni per superare le cadute e disposti per modo che sien garantiti contro le alluvioni; la riduzione in un solo ramo principale di tutte le

branche d'un fiume formate da isole che si frappongono al suo corso; la costruzione da ultimo d'un canale laterale, onde scansare gli scanni che si formano alla sua foce: cotali sono in generale i principali ed i migliori mezzi di far prosperare una navigazione artifiziale stabilita per entro un fiume.

Ma quando gli ostacoli che si oppongono alla navigazione d'un fiume sieno invincibili, e che però non possa ella venire stabilita nel suo alveo, fa mestiere allora provvedervi mercè d' una navigazione artifiziale fuori del suo letto: vogliam dire mercè d'un canale parallelo al suo andamento.

L' ultimo degli accennati spedienti, cioè quello di stabilire la navigazione d'un fiume fuori del suo letto, appartiene alla navigazione per canali, i quali formeranno il subbietto speciale delle seguenti lezioni: epperò in esse si troverà la sposizione de' particolari che ad opere siffatte si riferiscono.

SUNTO DELLA XXIII^a. LEZIONE

De' canali di navigazione in pianura, ed a doppio scolo — Considerazioni sul modo di procedere nel progettare i canali a doppio scolo — Principi che a ciò si riferiscono.

I canali di navigazione dividonsi in due classi:

1.° Canali in pianura, ossia in una medesima vallata;

2.° Canali a doppio scolo.

I primi sono quelli che si costruiscono per rendere navigabile, mercè le opere dell'arte, un corso d'acqua il quale non abbia naturalmente tale proprietà. I secondi sono quelli che mettono in comunicazione due fiumi o due mari, separati da una catena di montagne, valicando di queste la sommità.

La più parte de'canali del Belgio e dell'Olanda sono della prima specie.

Quello de'due Mari, quello del Centro, o del Charolais, quello di Briare, sono della seconda.

L'economia de' trasporti che risulta dalla navigazione, è troppo manifesta per abbisognare di una dimostrazione; purtuttavolta il riscontro de' due modi di trasporto, per carreggio, e per canali, dà un risultamento siffattamente vantaggioso per la navigazione, che la sua sposizione non può non tornare proficua.

Tal risultamento ci vien porto dalla quotidiana esperienza di ciò che interviene nel traghettamento del canale d'Orleans.

Un solo uomo, tirando un battello carico di 5 mila miriagrammi, percorre il canale in 10 giorni dalla sua foce nella Loire dappresso Combleux, fino a Moret in dove sbocca nella Senna; lo spazio percorso è di 11 miriametri (circa 59 miglia di 60 a grado). Un sol uomo governa il battello; quindi il trasporto di 10,000 miriagrammi non domanda più che 20 giornate di fatica d' una sola persona,

Giusta i noti elementi del trasporto per mezzo di vetture, ad effettuire quel medesimo trasposto in quest' ultima guisa, saria mestieri di 3000 giornate di cavalli e di 75 giornate di vetturali per guidarli.

Laonde l'economia del primo modo rispetto al secondo, è di 300 giornate di cavalli, e di 55 giornate d' uomini per un sol battello.

Ove si ponga mente che circa 3800 battelli traghettano annualmente quel canale, i quali riduciamo a 3000, non tutti essendo della portata di 400 miriagrammi, risulta per ogni anno dal canale d' Orleans un' economia di 900,000 giornate di cavalli e di 175,000 giornate d'uomini; il qual risultamento è degno, per tutti i rispetti, della maggiore considerazione.

Non essendovi diversità fra le opere che l'arte applica alle due enunciate specie di canali, e potendosi un canale della prima sorta riguardare siccome l' uno dei due rami d' un canale a doppio scolo, noi non ci occuperemo che di questi ultimi canali.

Per la formazione d'un buon progetto di canale di duplice scolo, si ha duopo

di tutte le risorte dell'esperienza e dell'ingegno, ond'esso sia tale che soddisfi a tutte le considerazioni, ed a tutti i dati in un siffatto problema racchiusi.

Gli antichi non conoscevano questa specie di canali.

Il perforare i monti, affin di sormontare una giogaia troppo alta, sulla quale non sia possibile menare le acque necessarie ad alimentare il canale, presenta taluna volta di gravi inconvenienti. Giova pertanto in generale evitare questa operazione, e ricorrervi soltanto, quando abbia l'ingegnere riconosciuta l'impossibilità di travalicare quel culmine mercè d'un tratto di canale scoperto. Il risultamento della discussione agitatasi per lo canale di S. Quentin, e per esso la sospensione del lungo perforamento sotterraneo in rettifilo, da gran tempo intrapreso, è conforme ai veri principi. Alla direzione Laurent, è stato sostituito il progetto Devicq, il quale, approfittandosi d'una vallea che trovasi presso a poco nella direzione da seguire, scinde in due la parte sotterranea, e riducela quasi alla metà della lunghezza: la qual cosa notabilmente minora gl'inconvenienti inerenti a questa specie di canale, i quali non era dato di evitare interamente.

Considerazioni circa la determinazione del punto di separazione.

Ci ha de'punti di separazione dalla stessa natura stabiliti. Se ne possono citare due esempi nello stagno di Longpendu ed in quello di Cony vicino ad Epinal.

Il primo, per la sua estremità meridionale versa le sue acque nella Bourbince, che recasi nella Loire, e per la estremità nord-est le sue acque passano nella d' Heune, che mette foce nella Saône. Il secondo, quello di Cony, versa le proprie acque nel bacino della Mosella mediante la Niche, ed in quello della Saône, mediante il Coney. Questi stagni con due emissioni opposte e naturali, hanno indubitatamente somministrato l' idea de' canali a doppio scolo. Il primo di codesti stagni è stato utilizzato, e costituisce il punto di separazione del canale del Charolais; il secondo è la base su di che fondasi un progetto di comunicazione fra i bacini della Saône, e della Mosella, il quale non si è per anco mandato ad effetto.

Per istabilire de' canali a doppio scolo sono evidentemente necessari i sostegni.

La loro invenzione devesi a due ingegneri italiani di cui s' ignora il nome. Sulla Brenta *presso Viterbo* (1) furono costruite le prime due chiuse di questa specie nel 1481.

Nel canale del Briare, e nel 1605, furono in Francia costrutti i primi sostegni a bacino: più d' un secolo cioè dopo la loro invenzione.

Tutte le chiuse costruite dopo quell' epoca, eccettuate quelle del canale del Centro, le quali offrono alcune utili modificazioni, sono in generale delle imitazioni le une delle altre.

Le chiuse, e generalmente le opere d'arte a'canali di navigazione relative, sono tuttavia suscettibili di molti perfezionamenti. Affinchè questa materia sia con ordine trattata, stimiamo che il miglior modo sia di formare un progetto di cana-

---

(1) Qui l' A. è incorso in errore geografico. T.

le, e di richiamare l'attenzione degl' Allievi sugli svariati lavori che lo compongono.

Cenno sull' andamento delle operazioni e delle indagini da farsi per la formazione d' un progetto di canale a doppio scolo.

Suppongasi che si tratti di congiugnere mediante un canale, due fiumi navigabili, i cui bacini sono separati da lunga giogaia di monti ch' è mestieri sormontare: fa duopo in prima determinare il più basso punto di quella, e di riconoscere se esistano sorgenti superiori a cotal punto di depressione trascelto per collocarvi il punto di seperazione; verificare, s' è possibile di condurvi mediante canaletti quelle acque, e se le località comportano lo stabilimento di vasti serbatoi che debbono contenere la quantità d' acqua necessaria ad alimentare le due branche del canale ne' tempi di siccità.

Si dee dappoi determinare mercè di stazature ripetute in circostanze diverse, il medio prodotto delle acque superiori al punto di separazione; ed egli è appunto sulla cognizione di questo medio prodotto paragonato col consumo, che si fondano i calcoli i quali stabiliscono o rigettano la possibilità del canale.

Il computo della quantità d' acqua necessaria ad alimentare un canale a doppio scolo si desume da parecchie cause di consumo. La prima è quella nascente dall' evaporazione, la quale giusta l'esperienza risponde ad una falda annua di m.o,865 di altezza. La seconda causa di consumo deriva dalle feltrazioni, che ne' terreni ordinari vien valutata per la metà dell' evaporazione; ma l' ispettor generale S. Ducros opina essere troppo scarsa questa quantità, e doversi aumentare di una metà.

Questa regola si suol seguire pei terreni impermeabili; ma cresce notabilmente la suddetta quantità ne' terreni sabbiosi. Se ne può citare un' esempio nella perdita quotidiana del canale di Narbonne alquanto tempo dopo la sua costruzione: non è gran tempo ch' ell' era tuttora in 24 ore, 1/18 dell' acqua contenuta nel canale.

Ma siffatta causa di consumazione minora col tempo e si rende in fine poco notabile.

A determinare la terza e principal cagione di consumo d' acqua, di quella che si eroga pel servizio delle chiuse, fa mestieri conoscere il numero di battelli che frequentano annualmente il canale. Sopra questo consumo influisce benanco la distanza fra le chiuse. La determinazione esatta di questa terza causa di consumo dipende da considerazioni ulteriori, nelle quali non ancora possiamo entrare.

Se v' ha sorgenti, o ruscelli inferiori al punto di separazione, siccome importa di approfittarne, si dee osservare s' è possibile di condurli nel canale, affinchè servano ad alimentare le parti infime verso le soglie, ovvero parti più basse del canale.

Fatte tutte queste indagini, e riconosciuta la possibilità del canale, si rileva la pianta del sito in cui esso dee giacere.

Si prepara una linea di progetto che soddisfi alle considerazioni di località che offrono i maggiori vantaggi.

Sopra questo andamento supposto il migliore, fassi una livellazione longitudinale e trasversale per una larghezza dupla di quella del progetto, e spingendola fino alle sorgenti superiori.

Questa livellazione riportasi ad un piano orizzontale superiore al più alto punto del progetto.

Sulla livellazione longitudinale si disegna il profilo per lungo del canale, si fissa il sito delle chiuse, la loro caduta e la loro distanza rispettiva.

Stabiliti cotai preliminari si studia il progetto parte a parte; si portano sul disegno quelle modificazioni e quelle correzioni rese necessarie dalla considerazione delle pendenze del suolo, espresse da' profili trasversali, onde conciliare la solidità de' lavori con l' economia de' movimenti di terra; si determinano da ultimo le dimensioni delle diverse parti del canale, e si fissa il sito e la specie delle diverse opere che lo compongono, conformemente alle funzioni cui debbono adempire.

Ecco quì appresso alcuni principi, che applicheremo ad un progetto di canale.

Sempre che le circostanze locali lo permettono fa d'uopo che la minima distanza fra due sostegni sia tale, che sottratta da un tronco del canale una concata non vi resti interdetta la navigazione; quanto a dire non vi si operi un tale abbassamento, che i battelli non possano più navigarvi, se non gli si restituisca la quantità d' acqua che ne fu tolta. Dietro questa considerazione si determina l'intervallo fra due sostegni.

Laonde il *minimum* della distanza fra due sostegni, è il quoto del volume d'una concata diviso per la larghezza del canale e moltiplicato per l' altezza d' acqua di cui si può abbassare quella d' un tronco senza inconveniente per la navigazione. Taluna fiata la distanza che separa due sostegni è nulla, cioè le località son tali ch'è forza sopprimere il tronco intermedio; allora i sostegni sono *accollati* ed appellansi anche *sostegni contigui*.

Quel tronco nel quale sogliono i barcaiuoli soggiornare, fa d'uopo sia lunghissimo; laddove le località non soffrano siffatta vantaggiosa disposizione, bisogna che il canale abbia in quella parte una larghezza maggiore, ovvero, ch'è meglio, un ricovero per le barche.

L' antica opinione che il consumo per ciascun battello che traghetta le due branche d' un canale di doppio scolo sia costantemente di due concate, è un errore. Le ricerche nelle quali siamo per internarci, affin di esattamente determinare siffatto consumo, non lasceranno verun dubbio intorno a tale assertiva.

SUNTO DELLA XXIV^a. LEZIONE

Seguito de'precetti per progettare un canale di doppio scolo — Indagini sul consumo d' acqua nel passaggio d' un battello in tutt' i possibili casi—Determinazione della caduta più vantaggiosa dei sostegni—Considerazioni sovra la forma più opportuna da darsi alle vasche—Applicazioni ad un progetto di navigazione.

Per ottenere l' esatta determinazione del consumo d' acqua cagionato dal passaggio d' un battello per un sostegno, si consideri il volume d' acqua formante una concata siccome composto di due prismi sovrapposti. Cotai prismi hanno per base comune il fondo della conca, ma la loro altezza suol variare nella più parte dei sostegni.

Il primo, che dicesi prisma di galleggio, ha un altezza uguale a quella necessaria per far galleggiare un battello, cioè alla sua immersione; la quale altezza è minore di quella che suol regnare nel canale.

Il secondo addimandasi prisma di caduta, ed ha per altezza la differenza di livello de' due tronchi superiore ed inferiore, consecutivi.

Il prisma di galleggio esiste sempre ne' sostegni isolati. Nei sostegni contigui esso può esser ritenuto o esitato a seconda delle circostanze e de' bisogni del servizio; ma l' economia dell' acqua essendo una importantissima considerazione nel moto delle chiuse, e non essendovi gran che d' inconveniente a lasciare ne' sostegni contigui le porte gravate da quel prisma; egli è chiaro essere più vantaggioso il ritenerlo. Ella è questa certamente la ragione per cui non se ne tien conto nel calcolo del consumo d' acqua di ciascuna concata.

Nel ricercare la quantità d' acqua consumata da un battello nel suo passaggio si distinguono quattro casi:

- Supposto che nei sostegni sia sempre ritenuto il prisma di galleggio
  - Si suppongono separati
    - 1.° Caso: due battelli che passano alternatamente, che vanno cioè per opposti sensi—Essi consumano ciascuno una concata: ovvero, per dirla con più di esattezza, è giusta l'osservazione precedente, un sol prisma di caduta.
    - 2.° Caso: passano l'uno appresso l'altro. — Ciascuno consuma due concate.
  - Si suppongono contigui
    - 3.° Caso: due battelli che passano alternatamente.—Ciascun d'essi consuma tante concate, quanti sono i sostegni contigui nello ascendere.
    - 4.° Caso: due battelli che passan l'uno appresso l'altro.—Ciascuno consuma due concate.

Questo è il vero modo di valutare tal consumo; esso è dovuto al Gauthey, che primo fra tutti, ha chiarita questa discussione. Per poco che si rifletta sugli effetti derivanti da quel diverso procedere de' battelli, nelle differenti ipotesi enunciate, si avrà la convinzione della sua esattezza.

Il Ducros, ispettor generale de'Ponti e Strade, ha dato delle formole sulla consumazione d' acqua per lo passaggio d' un battello nell' ipotesi de' sostegni contigui, ed in quella del sostegno interamente vuoto per l' esito dato al prisma di galleggio, circostanza che di molto accresce il consumo.

L' ispettor generale, S. de Prony ha generalizzato codeste formole per tutt' i casi, estendendole al passaggio di più battelli nella stessa ipotesi.

Tuttochè esatte, non possono queste formule valere se non indirettamente a misurare la quantità d' acqua necessaria per l' operazione del tragitto de' battelli in un canale; conciossiachè cotali dispense, giusta l'esposto di sopra, dipendono dall' ordine che serbano quelli nel loro cammino: secondochè cioè questo ha luogo per opposti sensi, o successivamente. Or non potendosi anzi tratto determinare il loro modo di procedere, tutto eventuale, egli è impossibile di esattamente calcolare il risultamento di codesta precipua causa di consumo d' acqua.

Fa duopo quindi determinare per approssimazione codesto consumo; ma importa di fare il calcolo a profitto del canale, assumendo il caso più sfavorevole, ch'è quello in cui i battelli passano successivamente pei sostegni isolati, ed alternatamente pei sostegni contigui.

Laonde riassumendo tutte le cagioni di consumazione d' acqua, fa mestieri che i serbatoi contengano:

1.° La quantità necessaria per riparare le perdite prodotte dalle feltrazioni e dalla evaporazione di sopra prevedute;

2.° Quella che si sarà calcolata per lo passaggio d' un dato numero di battelli, nell' ipotesi del passaggio successivo pei sostegni isolati, ed alternativo pei contigui.

Le capacità dunque de' serbatoi si stabiliranno in conseguenza di questa determinazione delle quantità d' acqua che si presumono necesserie ad alimentare le due branche del canale.

Nello stabilire un canale di doppio scolo, l' economia nella distribuzione delle acque che debbono alimentarlo, essendo per l' ordinario la principalissima delle considerazioni, fa duopo che si usino tutt'i mezzi possibili, e che si prendano le più vantaggiose disposizioni, affin di non consumare se non la quantità d' acqua strettamente necessaria.

A questo fine si suole nei tempi di siccità arrestare i battelli al punto di separazione, per fargli procedere alternatamente; ma, vuolsi pur confessarlo, questo mezzo è un impedimento per lo commercio, per cui giova usarne con circospezione e temere di farne abuso.

Il risultamento della ricerca sulla perdita d' acqua cagionata dal passaggio dei battelli, prova lo svantaggio de' sostegni contigui, sopra tutto allorquando sono vicini al punto di separazione.

Come esempi degl' inconvenienti di quella viziosa disposizione si possono citare

il canale di Briare, e quello del Mezzogiorno. Nel primo, viciuo al punto di separazione dalla banda del fiume di Loing vi sono sette sostegni contigui. Da siffatta mala disposizione segue, che ogni battello il quale si rechi da Moret a Briare, consuma otto concate per arrivare al punto di separazione, se passa dopo d'un battello che viene di Briare; laddove una sola ne consumerebbe, se i sostegni fossero isolati, ovvero collocati ad opportuna distanza.

È quindi chiaro che l'uso de' sostegni contigui vicino ai punti di separazione debba evitarsi il più ch'è possibile, e che debbasi soltanto adottare siffatto sistema di sostegni, allorquando le circostanze del suolo lo esigano assolutamente.

I motivi per cui essi furono adottati nella più parte de' canali esistenti, consistono senza dubbio nell'apparente economia di costruzione che ne risulta; perciocchè nei sostegni accollati si sopprime una coppia di porte, e quindi una porzione di sostegno; ma, analizzando questi motivi, di leggieri si appalesa come l'economia sia pressochè nulla. I calcoli di riscontro instituiti dal Gauthey stabiliscono la certezza di quest' assertiva. Dalle tabelle della spesa da lui calcolate nelle differenti ipotesi dei sostegni accollati, ed isolati, si desume che l'economia pe' sostegni contigui è solo d'un quinto ad un sesto, da due in fino a cinque sostegni.

Disaminata la quistione relativa ai sostegni accollati o contigui, fa mestieri ora occuparsi della determinazione della caduta da assegnarsi ai sostegni, e delle conseguenze di siffatta determinazione.

Nel caso de' sostegni accollati è manifesto, che ove le altezze di caduta sieno disuguali, il prisma d'acqua rispondente all' eccesso d'altezza d'una delle cascate superiori, è sprecato in mera perdita; dappoichè non esistendo un tronco inferiore per riceverlo, l'acqua eccedente, non potendo essere contenuta nel bacino, scapperà per di sopra le porte. Quindi vuolsi aver come principio nei sostegni contigui di far le cadute uguali.

Questo inconveniente è minore se i sostegni son lunge dal punto di separazione e sono alimentati da acque secondarie.

Il canale del Mezzogiorno, e quello di Briare porgono non pertanto due esempi dell' inconveniente derivante dall' ineguaglianza delle cadute.

Poichè la quantità d'acqua occorrente pel servizio delle chiuse si computa per concate, ed in parecchi casi non ne consumando un battello più di una nel suo passaggio, egli è palese come sia conforme all' economia dell' acqua, il dare alle cadute la minore altezza possibile.

A malgrado de' vantaggi dell' uguaglianza delle cadute, siffatto principio va solamente osservato ne' singoli tratti del canale racchiusi fra differenti prese d'acqua.

Per una migliore disposizione del sistema, giova usare lievi cadute vicino al punto di separazione quando le acque vi sono scarse, ed aumentarle se le prese d'acqua secondarie sono copiose.

Ma se dal sistema delle lievi cadute si ottiene economia d'acqua, si ha però aumento di spesa nella costruzione. Purtuttavolta i calcoli comparativi stabiliscono non essere questo aumento più d'un terzo fra la costruzione di due sostegni di m.0,4 di caduta, ed uno di m.0,8.

Se poi uno dei rami del canale non è alimentato da acque secondarie, è allora essenziale di scemare le cadute in proporzione della perdita d'acqua cagionata dalle feltrazioni e dall' evaporazione, affin di ridurre quanto è possibile all' uniformità il consumo d' acqua. Il più favorevole caso è senza fallo quello in cui codeste perdite possano venir compensate da confluenti secondarî; in caso contrario fa duopo confessare, non esser sempre bastevole il temperamento di scemare le cadute, e corrersi allora il rischio di veder sospesa la navigazione per gran parte della state.

Dai riflessi di località relativi ad un progetto di canale a doppio scolo si fa chiaro, che qualora i due rami che lo compongono sieno alimentati dalle sole acque del tronco culminante e non ricevano acque secondarie; ovvero, allorquando una sola delle branche sia favorita dalla circostanza di confluenti di cui possa giovarsi a pro della navigazione, allora il sistema delle cadute vuol' essere diverso.

Nel primo caso, quando cioè i due rami sono alimentati dalle sole acque del punto di separazione, le cadute debbono essere uguali; dovrebbonsi anzi scemare in considerazione della necessità di provvedere all'evaporazione ed alle feltrazioni, le cui perdite van crescendo in ragione della lunghezza del canale: ma si suole trasandare cotal regola a motivo di taluni inconvenienti che offre, in luogo dei vantaggi risultanti dall' uniformità delle cadute, a' quali converrebbe rinunziare.

Nel secondo caso in cui uno de' rami può ricevere acque secondarie, vanno in prima adottate alte cadute presso al punto di separazione ma uguali fra loro, fino al sito in cui le acque secondarie potranno introdursi nel canale; e da questo punto fino alla soglia, le cadute possono essere accresciute.

Tali sono le considerazioni che possono guidare un ingegnere nella scelta delle altezze di caduta dei sostegni, e del loro collocamento rispetto al punto culminante.

Disamina della forma e della capacità più favorevoli dei crateri.

Le dimensioni delle conche fa duopo che sieno relative al numero di battelli che debbono accogliere. Si dividono in due specie: le grandi e le piccole vasche. Le prime destinate a ricevere più battelli, danno evidentemente luogo ad una perdita d' acqua proporzionatamente maggiore di quella delle piccole, a motivo de' vuoti ch' è forza lasciare fra i battelli per poterli maneggiare.

Le grandi conche non offrono del resto giovamento alcuno nel rispetto dell' economia del tempo, avendo l' esperienza provato che nel tempo necessario al passaggio simultaneo di quattro battelli in un cratere grande, se ne fanno transitar cinque in uno piccolo.

Un bacino grande cagiona un consumo costante d' acqua ch' è sempre lo stesso sia che vi si trovino più battelli, sia che ne contenga un solo; ed occorrendo sovente di dover riempire un gran cratere pel transito d' un solo battello, ciò cagiona un notabile sciupamento d' acqua, che aumenta gl' incovenienti inerenti a cotal sorta di sostegni.

I piccoli bacini sono dunque da anteporsi per quest' ultimo riflesso. Questa specie di vasche è quella che generalmente adoprasi nella costruzione de' canali. Nel

solo scopo di economizzare nella muratura si sono senza dubbio immaginate le grandi.

Siffatta economia consiste nel potere in questo sistema, in grazia della grande lunghezza dell' intervallo che separa le due chiuse, evitare la costruzione d' una platea generale. Il gran cratere di Slykens costrutto senza platea generale offre un esempio di questa economia.

Giova al servizio della navigazione, allorchè si adotta il sistema delle grandi vasche, di attaccarvi lateralmente, siccome s' è praticato ai sostegni di Slykens, ed in taluni altri di Olanda, un piccolo bacino di minor lunghezza, con platea generale, per lo passaggio delle piccole barche.

Ma se non si ottiene altra economia che quella prodotta dalla soppressione della platea nella vasca, riducendosi questa a poca cosa, e talvolta essendo meramente illusoria, e' pare che in generale i grandi bacini abbiano a proscriversi.

Relativamente alla forma delle conche, se ne veggono alcune di figura ellittica. Una tale configurazione, di cui non si sa scorgere l'utile nel rispetto della navigazione, è stata verisimilmente trascelta come quella che maggior resistenza oppone alla spinta delle terre.

Ma non alla sola spinta delle terre importa di efficacemente opporsi in tale circostanza; bensì a quella dell' acqua che può insinuarsi dietro la muratura vuolsi precipuamente aver riguardo; per la qual cosa si richiedono di tali grossezze, che bastino alla stabilità di quei muri, indipendentemente da quella che può derivar loro dal taglio delle pietre per la forma curva della parete ellittica del bacino, la quale, ponendo mente alla tenue curvatura della figura, di poco accresce la stabilità del muro.

Siffatta forma del bacino aumenta inoltre il consumo d' acqua e la spesa di costruzione, la quale ultima è cagionata dall' importo dell' apparecchio delle pietre assai maggiore che pei muri rettilinei.

La forma ellittica della vasca sarà dunque del pari condannata, e per lo progetto che ne occupa adotteremo quella con le fiancate parallelle all' asse del sostegno e della capacità d' un solo battello. La figura della vasca sarà un rettangolo di dimensioni in larghezza ed in lunghezza un poco maggiori di quelle de' battelli in uso nel canale.

Per la navigazione artifiziale entro l' alveo de' fiumi con minore inconveniente che in un canale a doppio scolo si possono adottare le grandi conche; come altresì in quei canali le cui acque per esservi abbondantissime, la navigazione vi si fa nel tempo stesso, con grandi e con piccoli bastimenti, siccome generalmente ha luogo nell' Olanda.

Ma allora le grandi conche van divise in due da una coppia di porte intermedie; espediente che riduce la conca alla lunghezza necessaria pel servizio dei piccoli bastimenti, lasciandogli non pertanto la facoltà d' ammettere i più grandi. Siffatta modificazione economizza le acque ed il tempo. Essa è generalmente adoprata ne' canali dell' Olanda, che mettono entro fiumi, nei quali navigano barche di varia portata, che servono ugualmente alla navigazione de' canali.

Nel Belgio volendo provvedere insieme ad una grande e ad una minuta navi-

gazione, si costruiscono generalmente, come a Slykens, due vasche una grande ed nna piccola.

Questa pratica è meno commendevole di quella usata in Olanda.

La disposizione della conca di Bouzingue, nel canale d' Ypres a Nieuport, offre di grandi vantaggi nel rispetto dell' economia delle acque.

La caduta totale è di m. 6,40, circa 20 piedi. L'ingegnere, cui le località costrinsero ad adottare una si alta caduta, dispose due serbatoi laterali mercè i quali tiene in serbo i due terzi circa del totale prisma di caduta; lo che riduce il consumo per transitare questo sostegno ad una concata la cui altezza è la caduta ordinaria degli altri sostegni del canale.

Questo è un esempio che, a malgrado dell' eccesso della spesa, giova imitare allorchè le località obbligano ad adottare alte cadute presso al punto della separazione.

Le grandi conche nei fiumi, sogliono avere il loro asse longitudinale parallello al corso di questi; ma possono con maggior pro venir collocate normalmente al filone internandole in una delle sponde. Le due chiuse di entrata e di uscita trovansi allora sul limitare della ripa l'una allato dell' altra e sono separate da una specie di pila o massiccio che appoggiasi all' estremità della diga che divide il corso del fiume. L' idea di cosiffatta disposizione, la quale offre di molti vantaggi ed elimina gran parte degl' incovenienti inerenti alle vasche poste nei fiumi, devesi al Gauthey, il quale la propone nella commendevole sua Memoria intorno ai canali ed ai sostegni. Questa Memoria, inserita in quelle dell' Accademia di Digione, anno 1783, ha somministrato la più parte delle osservazioni sovra i canali e le chiuse, che siam venuti fin quì esponendo.

A codesti grandi bacini vuolsi dare una larghezza per lo meno dupla di quella de' battelli, affinchè questi possano comodamente aggirarsi per escire dal cratere.

Ei fa d' uopo in tali circostanze innalzare una porzione della diga in quella parte che riunisce le chiuse, al disopra di quell' altezza d' acqua alla quale la navigazione cessa, affin d' evitare la corrente, la quale disturberebbe le operazioni dell' entrata e dell' uscita de' battelli: trasandare una tale cautela sarebbe un esporre questi ad essere dalla corrente sospinti contra la diga.

Stabilite per tal modo le masse principali d' un progetto di canale a doppio scolo, ne resta a discorrere partitamente le opere d' arte proprie di questa specie di canali, le quali sono:

1.° I serbatoi;
2.° I canaletti;
3.° Il canale propriamente detto e le strade per l' alzaia;
4.° I sostegni;
5.° Gli acquidotti;
6.° Gli scaricatoi;
7.° I ponti di comunicazione;
8.° Le gallerie, o spechi;

SUNTO DELLA XXV.ª LEZIONE.

De' serbatoi e de' Canaletti — Del canale propriamente detto risguardato come lavoro di terra.

I serbatoi sono stagni naturali od artefatti, in cui si pongono in serbo le acque necessarie ad alimentare un canale a doppio scolo. Le loro dimensioni in larghezza, lunghezza e profondità fa duopo sien tali che possano essi capire un volume d'acqua per lo meno uguale alle quantità, che giusta le cagioni di consumo d'acqua già esaminate e valutate, sono state determinate.

Le acque d'un serbatoio sono sostenute da una serra o catena che per l'ordinario attraversa il vallone nel quale il serbatoio è stabilito.

Il serbatoio di S. Féréol è il più bello che si conosca: è desso destinato ad alimentare il canale de' due mari, ovvero *canale di Linguadocca*.

La serra di questo serbatoio sostiene nella parte più profonda della valle, metri 32,4 d'altezza d'acqua. Esso cape presso a 7 milioni di metri cubi d'acqua, lo che è più di quanto abbisogna per riempire i due rami del canale.

Alcune osservazioni, e la disamina delle disposizioni e della costruzione di questo serbatoio, varranno a stabilire i principi secondo i quali un tale edifizio va progettato e costruito.

La serra o traversa nel luogo dove l'altezza dell'acqua è la massima, si compone di tre muraglie di sostegno isolate i cui intervalli che le separano sono riempiti di terra: un muro principale nel mezzo, un muro nel davanti e dentro il serbatoio ed un muro esteriore il quale sostiene il terrapieno che costituisce il massiccio della traversa.

Questo sistema ha richiesto la costruzione di due gallerie a volta che attraversano tutta la spessezza della serra. Mercè di queste gallerie si perviene all'estremità della volta, dove si fan giuocare le chiavi e le cateratte che sono nella parte infima del muro che più s'avanza verso il serbatoio, e che servono allo scolo delle ultime falde acquee del bacino, qualora le circostanze esigano che sia posto a secco.

La primitiva costruzione di quei muri di sostegno della traversa fu difettosa fin dal suo stabilimento, e fu mestieri dar loro in prosieguo la solidità, e l'impermeabilità necessarie, mercè di opere supplementarie che cagionarono grave dispendio.

Comechè si ammiri sì magnifica opera, non sono da tacersi le gravi mende in cui si è caduto nella costruzione e nella disposizione de' muri.

E la principale è stata la soverchia fiducia riposta nell'uso della creta per rendere impermeabile questa traversa, e della quale si è posto uno strato sulla scarpa delle terre che s'appoggiano al muro interno. La esperienza ha dimostrato insufficiente cosiffatto espediente sotto una sì enorme carica di acqua, e gli spiacevoli effetti di questi primi saggi provano non potersi la impermeabilità di una serra conseguire, nel caso d'una tanta pressione acquea, se non mercè di muramento eseguito con la maggior diligenza.

Una semplice muraglia, atta per la sua grossezza a resistere alla pressione dell'acqua, costrutta con buoni materiali e con le opportune cautele, di assai miglior effetto sarebbe stata, che non quel sistema misto di muri isolati, alternati con terrapieni intermedî, i racconci de' quali sono non meno difficili che dispendiosi.

L'ordinaria dispensa delle acque del serbatoio, per le superiori falde acquee del bacino, ha luogo mediante due cateratte: delle quali, la prima è due metri sotto il livello del serbatoio quando è colmo, e la seconda 8 metri sotto il livello medesimo.

L'efflusso delle falde sottoposte si opera mercè di tre chiavi impiombate nel basso del gran muro; e l'infima falda, composta dell'acque torbide del serbatoio, esce per la cateratta rispondente all'ultima galleria.

La soglia di questa ultima cateratta è a livello del fondo del burrone in cui scorre il ruscello del Laudot. Apresi soltanto quando debbonsi racconciare i muri di sostegno della chiusa, ovvero espurgare il serbatoio.

Mediante le due cateratte superiori si regola senza inconveniente la dispensa delle acque, allorquando il bacino è colmo; ma pervenuti alle falde sottoposte, richiedendosi allora la maggiore economia nella distribuzione, giova l'uso delle chiavi all'uopo predisposte, le quali sono da anteporsi alle cateratte per regolare con esattezza lo assegno delle acque.

Un secondo serbatoio, quello di Lampy, a capo di alquanti anni fu edificato, come necessario supplemento di quello di S. Féréol, e vi sono stati evitati gl'inconvenienti di costruzione osservati nell'ultimo.

La traversa di Lampy si compone di un sol muraglione, che ha la grossezza necessaria per resistere alla pressione d'un'altezza d'acqua di circa 50 piedi.

Malgrado le cautele usate nella sua costruzione, vi si manifestarono immediatamente alcuni feltramenti, che furono ristagnati mercè di 1000 miriagrammi di calcina viva ridotta in latte, che si versò nell'acqua del serbatoio. Le particole della calcina così diluita, trasportate dalle acque feltranti contra l'interna parete del muro, colmarono alcuni vacui esistenti tra le commessure, ed introducendosi anzi ne'pori delle pietre di cui è composto il muro, gli han conferita quella impermeabilità di cui questa maniera di edifizi essenzialmente abbisogna.

Può questo spediente giovare in talune circostanze, ed il successo riportato nel muro del serbatoio di Lampy, prova potersi il medesimo con fiducia adoprare in casi consimili.

Tali sono le principali particolarità relative ai serbatoi; ed il riscontro del sistema di struttura adoperato per la diga di quel di S. Féréol, con quello usato nel serbatoio di Lampy, è onninamente in favore dell'ultimo, sì per la economia che per la solidità..

De' canaletti.

I canaletti sono destinati a condurre nei serbatoi le acque delle sorgenti o degli stagni superiori.

La costruzione de' canaletti non richiede che movimenti di terra, i quali si

eseguiscono co'metodi ordinari, quale che si sia la natura del suolo, e talvolta traforamenti di montagne, e gallerie a volte. Si disse altrove doversi evitare il più che sia possibile queste ultime opere, con girare la costa alla quale il canaletto suol essere aderente, e conducendolo a cielo scoverto. Il perforamento dei monti per praticarvi i canaletti, presenta quegli stessi inconvenienti osservati pei canali sotterranei.

Le pendenze della più parte de' canaletti che sonosi costruiti, sono varie fra loro. Quella dei canaletti di S. Féréol è di m. 0,88 per 1000 metri; quella del canaletto di Courpalette al canale di Orleans è di soli m. 0,07 per 1000 metri: e quest' ultima, che fu determinata in seguito di sperienze instituite dal Chezy, delle quali si può garantire l'esattezza, sembra essere la minima che si possa adottare per un canaletto.

Di tal pendenza giova fare uso allorquando le località non permettono di stabilire il serbatoio molto al disopra del punto della separazione, o del più elevato tratto d'un canale ad unico scolo; ma qualora senza disguido nel collocamento del punto di separazione si possa disporre d' una maggiore pendenza, torna meglio odoprare quella usata nel canaletto di S. Féréol.

Ne' canaletti si stabiliscono degli scaricatori e degli sfioratori, ond' esser padroni delle acque, e non attignerne dalle fonti se non la quantità che si desidera. Servono del pari cotali opere per porre a secco i canaletti in occasione di racconci.

Importa di prolungare i canaletti lunghesso uno de' lati de' serbatoi, onde render questi indipendenti dagl' influenti, e potere a piacimento dare un corso alle acque delle sorgenti; ed è invero indispensabilmente necessario di allontanarle dai serbatoi nell' epoca ordinariamente annuale dei racconciamenti delle loro pareti.

Ove i canaletti attraversino un suolo permeabile, si rende indispensabile di rivestirne il fondo e le ripe con creta; in una parola vuolsi usare ogni precauzione perchè non si disperda dell' acqua, la cui conservazione è essenziale all' uso non interrotto del canale.

Del canale di navigazione e delle strade per l' alzaia

In un terreno asciutto, il fondo del canale suole stabilirsi in livello per tutta la lunghezza di ciascun tratto nel senso longitudinale. Giova non pertanto che gli si dia un lieve pendio, per godere del vantaggio di perfettamente aggottare il tronco in caso di accomodi, e per minorare l' altezza di caduta dei sostegni.

In un suolo palustre è essenziale, e sempre indispensabile di stabilirlo in un pendio di m. 0,02 almeno per ogni chilometro di lunghezza.

La larghezza del fondo fra le due scarpe interne è relativa alla larghezza dei battelli che debbono navigare nel canale; dessa vuol essere almen tripla di quella de' battelli.

Le scarpe degli argini che racchiudono il canale sogliono avere la base dupla dell' altezza. La determinazione della base delle scarpe è relativa alla natura delle terre di cui gli argini sono formati, od al modo di struttura dei medesimi: se

cioè in terre sciolte, o rivestite di muratura, o difese da fascinata; nel quale ultimo caso basta che la base pareggi l'altezza, o tutto al più una volta e mezzo l'altezza.

La strada pel tirò delle barche, si suole stabilire un metro al disopra del livello delle acque del canale; e quando non ve n'ha che una sola, fa duopo, sempre che sia possibile, collocarla su quella delle due sponde che trovasi sotto il vento dominante.

Il motivo di cotal preferenza è, che se la strada dell'alzaia fosse sull'opposta sponda, l'azione del tiro assai sovente si combinerebbe con quella del vento, ed allora il battello sarebbe sospinto contro la scarpa dell'argine. La costruzione della via, quando le barche si faccian tirare dai cavalli, non vuol essere diversa di quella delle grandi strade.

Qualora il canale fiancheggi una fiumana soggetta ad escrescenze, s'innalza da quella banda una banchina che sorpassi il livello delle massime piene, e si munisce il piede dell'argine d'un rivestimento di pietre.

Gli argini d'un canale van costrutti quando è possibile di terra forte, ed in difetto di questa, quando le dighe sono costruite di terra leggiera, fa necessariamente duopo stabilire nel mezzo della loro spessezza uno strato verticale di creta.

Perchè gli argini abbiano la solidità e l'impermeabilità ch'è loro necessaria, si richiedono di molte cautele nella loro costruzione: è primieramente essenziale di spogliare il suolo su di cui va collocata la base dell'argine, delle zolle, e delle piante che vi vegetano, affinchè le terre del rialzo faccian lega col terreno naturale: queste van sovrapposte per istrati o cordoli di 5 a 6 pollici d'altezza, ed accuratamente pigiate.

Quando a malgrado di siffatte precauzioni, vi fosse a temere qualche feltramento, non s'introduranno le acque nel canale, se non un certo tempo dopo la sua costruzione, e per tratti isolati, partendo i tronchi con ture. Tali cautele nella immissione delle acque nel canale sono necessarie affin di agevolare i ristauri che i feltramenti potessero cagionare, e di antivenire gli accidenti di sommergimento per quei terreni il cui suolo fosse più basso del canale, e che sarieno evidentemente inondati in caso di rotta in uno degli argini.

Le piantate di arbori che fiancheggiano un canale sono utili e piacevoli; ma giova piantarli ad una certa distanza, per tema che le radici non dian luogo a feltramenti cui importa di allontanare.

Parallellamente alle dighe, ed a una certa distanza dal piede della scarpa esterna, in un lato, e talvolta in ambedue i lati, si cava un controfosso o canaletto per lo scolo delle acque estranee al canale.

SUNTO DELLA XXIV.ª LEZIONE.

Sostegni — Determinazione, forma e grossezza delle diverse parti che compongono le chiuse superiore ed inferiore — Particolarità di costruzione — Modi d' introdurre l' acqua nelle vasche — Porte delle chiuse.

Abbiamo di già determinata la lunghezza e la forma della vasca, ovvero camera del battello. Onde completare l'insieme del sostegno, rimane a fissare le dimensioni delle due chiuse superiore ed inferiore.

Egli è chiaro che le lunghezze delle varie parti componenti queste chiuse debbano venir fissate dipendentemente dagli uffizi di resistenza, o d'utilità per lo servizio delle chiuse, cui esse parti debbono adempire.

Le chiuse superiore ed inferiore si somigliano nelle parti che son loro comuni; cioè le camere delle porte, i muri d' ala e gli slargamenti: diversificano solo in quella porzione al di là della camera delle porte, la quale è destinata ad agevolare il loro servizio.

Nella chiusa superiore, alla parte che precede la camera delle portine (1) vuolsi dare in lunghezza lo spazio sufficiente onde praticarvi i gargami che debbono ricevere in positura orizzontale le travi, colle quali si compone una travata soventi necessaria per ristauri a farsi nelle vasche. Nei sostegni di 5 a 6 metri di larghezza, destinati e sostenere da 2. fino a 3. metri d'altezza d'acqua, si suol dare a questa parte un metro e mezzo o due metri di lunghezza.

La camera delle portine che le succede, ha manifestamente una lunghezza uguale alla larghezza delle portine, cui dee accogliere quando sono aperte, ed alla quale si aggiugne tanto quanto basta per lo giuoco della porta. In questo sito sono l' incastro per albergare la porta, e la nicchietta, ossia quella parte semicilindrica nella quale aggirasi il ritto cardinale della porta nel suo movimento. La capriata (così ha nome quella parte della platea della camera delle portine, risaltata dal piano della medesima, e che loro porge nel piede un punto d'appoggio) compisce questa porzione del sostegno.

La lunghezza della parte seguente, chiamata spalla d' accompagnamento è diversa nelle due chiuse, tanto per la sua posizione quanto per gli uffizi cui è destinata. Nella chiusa superiore questa porzione congiugne la chiusa col bacino, e la lunghezza potrebbe venire determinata dal solo riflesso della grossezza necessaria al muro di caduta; poichè la piattaforma del muro di sponda, offrendo tutto lo spazio necessario al movimento delle portine, questa considerazione non può trovar luogo. Ma siccome quando il paramento del muro di caduta s'innalza verticalmente, e quando poco alta è la caduta, quella grossezza è minore della lunghezza assegnata alla parte che precede la camera delle portine, ed ov' è po-

---

(1) Le porte della chiusa superiore soglionsi chiamare *portine*, e quelle della chiusa inferiore *portoni* — T.

sta la travata, si costuma allora di dare alle spalle superiori, per la simetria del disegno, una lunghezza pari a quella della parte anteriore alla camera delle portine. Nella chiusa inferiore le spalle essendo al termine della medesima, fa duopo esse abbiano lo spazio sufficiente per ricevere quel velle che dicesi braccio, e che serve al maneggio delle porte.

Dipendentemente adunque da quest' ultimo riguardo va determinata la lunghezza di questa parte nella chiusa inferiore. Nei sostegni generalmente costruiti in Francia nei canali, essa suole avere m. 4,7 di lunghezza (1).

---

(1) Non è questa la sola, nè la principal considerazione da cui si fa dipendere la lunghezza delle spalle inferiori; nè la loro grossezza dipende dalla pressione dell' acqua, siccome nel testo poco dopo si legge. Ci piace di quì riferire a tal proposito le proprie parole del Cavalieri, non diverse nella sostanza da ciò che prima di lui aveva scritto il Gauthey sullo stesso argomento—

Le spalle inferiori sono ben poco esposte alla pressione immediata dell' acqua, la quale non s'innalza a bagnare le loro fronti, se non che per quanto se ne può elevare il livello nel canale inferiore. Debbono esse bensì sostenere il terreno, che posteriormente le preme; e conviene perciò che abbiano una grossezza corrispondente a quest' ufficio, onde generalmente in pratica può stabilirsi che debbano essere grosse la terza parte della loro altezza. La lunghezza di cotesti muri vuol poi esser desunta dal principale loro scopo, ch' è quello di resistere alla spinta ch' esercitano lateralmente contro di essi i portoni, premuti dalla massa fluida, di cui si suppone ricolmo il cratere. Ora immediatamente si scorge che i due muri di spalla debbono unitamente avere un *momento* di resistenza uguale a quello che si richiederebbe in un muro trasversale, e verticale, che dovesse esser posto in cambio de' portoni a sostere la massa fluida all' estremità inferiore della vasca. Se dunque chiamiamo a l'altezza comune dei portoni, o sia del detto muro ipotetico, e dei due muri di spalla e b la larghezza della chiusa, poichè è noto al primo competersi una grossezza uguale alla metà della sua altezza, cioè $=\frac{a}{2}$; per lo che risulta il suo momento $=\frac{Ga^3b}{8}$, esprimendo G la gravità specifica del muramento; dovrà questo essere anche il momento dei due muri di spalla presi insieme. Chiamiamo x la cercata lunghezza di ciascuna delle due spalle, la cui grossezza, come abbiamo osservato deve farsi $=\frac{a}{3}$; e stabiliamo per ipotesi che per la spinta de' portoni tenda la spalla ad aprirsi in un piano verticale condotto per la diagonale d'un rettangolo, di cui il minore dei due lati disuguali sia la grossezza sudetta $\frac{a}{3}$, ed il maggiore pareggi il doppio di tal grossezza, cioè $\frac{2a}{3}$. In tale supposizione la parte resistente della spalla si compone di due solidi, uno prismatico triangolare il cui momento relativamente allo spigolo intorno al quale si opererebbe la rivoluzione è $=\frac{Ga^3}{9}\left(x-\frac{4a}{9}\right)^2$, l'altro parallelepipedo, il momento del quale è $=\frac{Ga^2}{2.3}\left(x-\frac{2a}{3}\right)^2$ Laonde il totale momento con cui ciascuna spalla resiste alla spinta de' portoni è

$$\frac{Ga^2}{3}\left(\frac{x^2}{2}-\frac{ax}{3}+\frac{2a^2}{3.9}\right);$$

e dovendo il doppio di questo essere uguale al momento del muro verticale tirato fra gli stipiti de' portoni, ne nasce l'equazione

$$x^2-\frac{2ax}{3}+\frac{4a^2}{3.9}=\frac{3ab}{8},$$

In quanto ai muri d'ala che si usa di costruire ai due capi del sostegno, onde agevolare il passaggio per le chiuse, essi si stabiliscono secondo la diagonale d' un quadrato che abbia 2 a 3 metri di lato. Questa dimensione dà l' angolo dello slargamento.

Unendo a codeste differenti parti la vasca, la cui forma e dimensioni sono state dianzi determinate, si ha l'insieme del disegno d' un sostegno.

---

dalla quale si ricava $x = \frac{a}{3} + \sqrt{\left(\frac{3ab}{8} - \frac{a^2}{27}\right)}$, che sarà il valore della lunghezza da assegnarsi a' muri inferiori di spalla. E questo, tanto più sarà valido ad assicurare la stabilità della chiusa inferiore, che nel determinarlo non si è tenuto alcuo conto della tenacità del solido morale, nè di quella maggiore grossezza, che acquistano le spalle in grazia de' contrafforti, che, come or ora vedremo, sogliono applicarsi dietro agli stipiti de' portoni, nè finalmente dell' aiuto, che ricevono le spalle stesse dai muri d'ala, che si congiungono alla loro estremità, de' quali in breve ci faremo a parlare. Ed anche maggiore sarà la stabilità per quel riguardo cui ora è rivolto il nostro discorso, se dall'una all' altra spalla sarà gittata un arcata, come spesso si pratica, a fine di stabilire un ponticello di passaggio dall' uno all' altro fianco del sostegno, specialmente a comodo di coloro, che sono addetti a regolarne l' esercizio.

Alla congiunzione delle spalle superiori ed inferiori coi muri laterali sogliono stabilirsi dalla parte esterna robusti contrafforti. Giovano questi a rendere più saldi gli stipiti della chiusa contro la spinta laterale de' portoni; e sono altresì opportuni ad infiggervi saldamente que' bracci di ferro, ovvero quelle travi, che compongooo l' armature de' cardini superiori delle portioe, e de' portoni, e ad offrire sulle loro sommità delle spaziose piazzette, comode per l'esecuzione delle manovre necessarie per l' aprimento e pel chiudimento delle porte. Dalle particolari circostanze si prende norma a fissare la cooveniente grossezza di codesti cootrafforti, cooforme la maggiore o minore importanza dei vari fini testè accennati.

I muri d' ala superiori sono destinati a ristringere gradatamente il canale presso la chiusa superiore; e gl' inferiori ad allargarlo pure gradatamente al di là della chiusa ioferiore. Sogliono stabilirsi l'ale in una direzione tale, che formi uo angolo di circa 50° coi prolungamenti delle spalle. La lunghezza di esse viene così ad esser data, date che sieno la larghezza del canale, e quella delle chiuse. La grossezza dell' ale superiori dev' essere proporzionata all' altezza dell' acqua, da cui sono premute, e corrispondente al bisogno di provvedere che l' acqua filtrando per esse non abbia a disperdersi lateralmente al sostegoo. Ai muri d' ala inferiori deve semplicemente assegnarsi tale grossezza, che basti a renderli atti a resistere alla spinta del terreno, cui son destinati a sostenere.

Quando il terreno delle ripe è di sua natura proclive ad essere trapelato dall' acqua, può talvolta essere conveniente di aggiungere all'ale, e segnatamente alle superiori, dei murelli entro terra, protratti verso la campagna dall'una e dall'altra parte, in direzione perpendicolare a quella delle spalle, affinchè questi impediscano all'acqua succhiata dalle ripe, e serpeggiante pei meati del terreno, d'insinuarsi a tergo delle spalle e delle fiancate del sostegno, ove sciogliendo la terra, e formando delle cavità dietro tali muri, li priverebbe di quel sussidio, che ricevono dal terrapieno adiacente. Si assegna a cotesti muri la grossezza di 60 in 70 centimetri. A maggior garansia si può dietro ad essi battere uoo strato verticale d' argilla, e talvolta anche questo semplice strato d'argilla potrebbe bastare senza il moro, o piuttosto fare le veci di questo, per disviare i fili sotterranei d'acqua dai dintoroi del sostegno.

Cavalieri vol. II. pag. 227, e seg. — T.

Le grossezze { De' muri di sponda, debbono essere relative alla pressione dell'acqua. Delle spalle e dei muri d'ala superiori sono relative alla spinta delle terre ; quelle delle spalle e de' muri d'ala inferiori, sono relative alla pressione dell' acqua.

Le spessezze de' muri di sponda si calcolano in conseguenza dell' ufizio di resistenza che debbono opporre alla pressione dell'acqua : perchè questa funzione di resistenza è stabilita sulla considerazione, che un filo d' acqua può insinuarsi fra la faccia interna della muratura della parete , e la massa delle terre che vi si appoggiano. Egli è chiaro che in questo supposto, quando la vasca è vuota , la parete sperimenta dalla parte di quel filo d'acqua una pressione rispondente all'altezza di questo.

S' introduce eziandio in questo calcolo il rapporto delle gravità specifiche dell' acqua e della muratura , le quali si suppone per l' ordinario , che sieno fra loro come 7:12.

Varia non pertanto siffatto rapporto , in ragione della grande differenza esistente nel peso delle diverse specie di pietra da taglio, ed in generale de' materiali di cui si fa uso. Egli è essenziale che un ingegnere determini anzi tempo questo rapporto mercè di sperimenti sul peso de' materiali che dee adoprare.

Era costume assai generale un tempo , di addossare de' contrafforti dietro le fiancate. Questo modo di accrescere la resistenza delle pareti contro la spinta delle terre , produce un po' d'economia nella cubatura della fabbrica. Un tal riflesso ha dovuto non pertanto cedere il luogo ai vantaggi maggiori che risultano da una più grande spessezza uniformemente ripartita in tutta la lunghezza de' muri di sponda , allorchè , nell'abolire i contrafforti , si restituisca a quelli in grossezza la massa de' contrafforti soppressi , onde procacciarsi un massiccio uniforme di muramento , che più efficacemente si opponga ai feltramenti.

La diminuzione di grossezza delle pareti dalla banda delle terre, che dee aver luogo a misura ch' esse s' innalzano , operasi con riseghe praticate a tergo de' muri.

La sommità de' muri di sponda si suole innalzare m. 0,5 al disopra del livello delle acque quando il bacino è colmo.

Le platee delle chiuse in Olanda e nel Belgio soglionsi costruire parte in fabbrica e parte in legname ; ma non è da tacere che siffatta maniera di struttura presenta di molti sconci : dessa è evitanda , massime quando , pei materiali che si hanno a propria disposizione , non si sia nell' assoluta necessità di adottarla.

Quando la pietra da taglio è di buona qualità , le platee vanno interamente costruite di muratura , e si apparecchiano a volta riversa , od a piattabanda. In tal guisa debbonsi costruire le platee nelle parti rispondenti alle chiuse: quanto alle platee delle vasche esse possono senza inconveniente essere di pietrame scalpellato , ma vanno del pari apparecchiate a volta supina.

La loro fondazione , allorquando il terreno è cattivo , si fa ad incassamento : cioè sovra un massiccio di muratura formante una piattaforma , ovvero platea generale di fondazione. In questa circostanza un tal mezzo è da anteporsi a quello delle palafitte.

I muri di caduta soglionsi costruire a piombo. Si potria conformarne il profilo secondo la curva di ugual discesa. Una disposizione siffatta avrebbe questo di vantaggioso, che l' acqua, al piè della caduta, prenderebbe una direzione orizzontale; ma non sarebbe per altro senza inconveniente nel rispetto dell' apparecchio; e non essendo d' altronde impossibile di opporsi agli effetti della caduta verticale dell' acqua, ci torna meglio adottare pel muro di caduta il profilo stabilito verticalmente. In ogni caso le pietre del filaro superiore di cotal muro si apparecchiano a cunei onde resistano all' azione dell' acqua tendente a spignerle verso la vasca. E codest' ultimo filaro, cui suol darsi per ragion di solidità molta grossezza, va col suo apparecchio a combinarsi con la capriata, di cui esso è il prolungamento.

Dicesi *capriata o controbattente* quella parte risaltata della platea, che forma sul suo piano orizzontale un angolo, il cui vertice dev'essere evidentemente rivolto verso il tronco superiore; mercè di tale disposizione le porte quando son chiuse, contrastandosi a vicenda, sopportano la pressione dell' acqua che contro loro si esercita. Se l' angolo della capriata fosse retto, egli sarebbe naturale di concluderne che la forza di pressione, da una delle due porte trasmessa nell' altra, agendo nella direzione delle fibre di questa, dovrebbesi in siffatta posizione conseguire il *maximum* di resistenza; ma un tal angolo ha il difetto di dar luogo ad una soverchia larghezza nelle porte, e quindi di accrescere la forza di pressione contra la superficie di ciascuna di esse.

Ove l' angolo riducasi a zero, cesserà il mutuo appoggio delle porte; e se in questa positura, che dà il *minimum* di superficie, vienesi a scemare di quanto è possibile la pressione, si perde però ogni vantaggio derivante dallo scambievole appoggio.

Havvi dunque un *maximum* di vantaggi da ricercare fra codesti limiti.

La ricerca dell' angolo della capriata più vantaggioso ad un sostegno, occupa da lunga pezza gl' ingegneri. Le differenze che si osservano nelle diverse soluzioni di questo problema derivano dal vario modo di ravvisare la quistione.

Che che ne sia delle varie soluzioni cui si perviene per li diversi modi di combinare i dati di questo problema, il quale infino ad oggi non è stato compiutamente risolto, e le cui soluzioni variano fra l' angolo di 109.°28' e quello di 143.°8'; l' osservazione di ciò che si è praticato in questo assunto, stabilisce che un tal' angolo in tutte le chiuse costruite, è un angolo ottuso compreso fra quei due limiti.

Dalle indagini comparative instituite fra gli angoli delle capriate di 26 sostegni edificati con felice esito, si potrebbe conchiudere che la saetta media della capriata debba essere compresa fra un terzo ed un quarto della larghezza della chiusa.

L' angolo adoprato per i sostegni del canale di Borgogna è di 143.°8', e produce una saetta ch' è il sesto della larghezza della chiusa.

Quest' ultima dimensione dello sporto della capriata, offre il vantaggio di produrre una grande diminuzione nell' ampiezza delle porte, considerazione per molti rispetti importantissima. Dessa è stata usata con riuscita nella più parte de' sostegni costruiti di recente.

Quando le capriate sono costrutte in muratura, vi vanno incastrati de' controbattenti di legno.

Con questi controbattenti si evitano le smussature che il battere delle porte produrrebbe ne' cigli de' conci che costituiscono la capriata. E d'altronde assai meglio le porte combaciano coi controbattenti di legno che con un filaro di pietra, e più efficacemente s' impedisce il disperdimento dell' acqua. A meglio conseguire questo fine, si frappone fra il controbattente e l' incastro della capriata una stoffa di lana molto fitta, la quale fortemente compressa dalle caviglie a vite che fissano il controbattente, unisce questo con la capriata.

Allorchè il terreno sul quale una chiusa è stabilita non è di buona qualità, si sogliono battere delle file di palanche trasversali, normarlmente all' asse longitudinale del sostegno sotto le estremità della platea, e sotto le capriate delle chiuse per impedire che le feltrazioni passino per di sotto la platea, e la attraversino per lungo; lo che interverebbe, se la fondazione delle platee posasse sovra una graticola, i correnti della quale servirebbero di veicoli alle feltrazioni.

Egli è chiaro che quando la platea è configurata a volta supina non abbisogna di tanta spessezza quanta ne hanno le fiancate, comechè sieno più considerevoli le funzioni di resistenza cui deve adempire contro la pressione dell' acqua.

La natura e la specie di terreno sul quale è edificato il sostegno, influiscono anche sopra quella grossezza, la quale fa duopo varii a seconda di questa circostanza.

In un suolo tenace ed argilloso, le platee delle chiuse d' un ordinario canale di navigazione, hanno da m. 1,29 fino a m. 1,62 di grossezza. Del resto questa dipende altresì dalla specie di materiali che si adoprano, e segnatamente dalla qualità della calcina e delle malte.

La platea della chiusa inferiore suole avere maggior grossezza. Il bisogno in quella parte di quest' aumento di spessezza è manifesto, dovendo quella porzione di platea resistere ad una più gagliarda pressione d' acqua. Per tal ragione se le dà talvolta fino a 2 metri di grossezza.

Questi cenni sulle grossezze non vanno osservati siccome regole invariabili; secondo testè si disse, i riflessi della natura del suolo sul quale è stabilito il sostegno e della qualità de' materiali, debbono servir di norma all' ingegnere nella determinazione di tali grossezze.

Modo d' introdurre l' acqua nella conca

Il modo che si presceglie, fra i tanti che si potrebbero usare per introdurre l' acqua in una vasca, influisce necessariamente sulla forma delle pareti e sopra quella delle chiuse.

Il più semplice mezzo è quello degli uscioli, ovvero portelli praticati nelle porte delle chiuse: ma offre alcuni inconvenienti.

Gl' inconvenienti consistono nei guasti, e quindi negli scalzamenti che cagiona al piede del muro di caduta, e spesso ai muri di sponda. Queste cagioni di guasto derivano per una parte dall' azione delle acque cadenti da un' alto muro di

27

caduta, e per l'altra dalla direzione della corrente, la quale risulta obbliqua all'asse longitudinale del sostegno, quando apresi un solo portello per volta.

Un altro modo è quello delle trombe (*larrons*), ovvero condotti praticati entro i muri di sponda, i quali mettono in comunicazione il tronco superiore e la vasca, oppure questa col tronco inferiore; ma oltre l'inconveniente d'una obbliqua direzione di corrente che ne risulta, la quale è assai più notabile che nell'uso dei portelli, essi han quello di esigere un soprappiù di grossezza nelle pareti: questi acquidotti sono inoltre di malagevole esecuzione, e soggetti a frequenti accomodi.

Gl'inconvenienti inerenti a codesti primi due modi di far comunicare le acque della vasca e del tronco superiore, dettero origine a quello de'sifoni, dal Gauthey immaginato ed applicato alle chiuse: con questo mezzo introducesi l'acqua nelle vasche per di sotto il muro di caduta, il quale a tal'uopo è costrutto a volta.

Siffatti sifoni rimediano all'inconveniente delle cadute, e della obbliqua direzione della corrente nello scolo delle acque superiori per le trombe, o per gli uscioli delle porte; ma difficile è la loro costruzione, e pare che debbano cagionare gli stessi inconvenienti delle trombe, quanto a'vuoti cui danno luogo nell'interno della muratura delle fiancate. Questo mezzo è stato non pertanto con buon successo praticato nelle chiuse del canale del Centro o di Charolais, il cui progetto e la cui costruzione sono opera del ridetto ingegnere. Ma la riuscita devesi senza dubbio a precauzioni, le quali non sempre sono possibili, massime quando i lavori sono lungi della residenza dell'ingegnere ad essi preposto; ed in tal caso il più semplice modo d'introdurre l'acqua nella vasca, quello cioè dei portelli, vuolsi ad ogni altro anteporre.

Particolarità relative alla costruzione de' sostegni, e loro opere accessorie.

La costruzione de' sostegni richiede in generale la maggiore attenzione nella scelta de' materiali, e moltissime cure nel loro impiego.

Quando sia possibile, e che non ne risulti una troppo grave spesa, li sostegni van costruiti interamente con pietra da taglio, dura per natura, poco porosa, non alterabile dall'acqua e soprattutto che resiste alla gelata. In mancanza di pietra che riunisca queste qualità, si adoperano con profitto i laterizi; ma in questo caso fa duopo che sempre gli angoli, il filaro della capriata e tutte le parti infine esposte ad urti e ad attrito, siano costrutte in pietra da taglio.

Per conseguire l'impermeabilità delle murature esposte agli effetti d'una continuata e gagliarda pressione d'acqua, si frappone tra il paramento in pietra da taglio, ed il dippiù della grossezza delle pareti, composto di pietrame o di laterizi, uno strato di bitume.

Un'accurata struttura non basta ad assicurare la solidità d'un sostegno: egli importa d'impedire gli scalzamenti che si produrrebbero all'estremità della platea inferiore, i quali presto trascinerebbero la rovina del sostegno; ed a ciò non può ovviarsi che costruendo un'opera accessoria, la quale addimandasi soglia inferiore (*avant-radier*).

Le soglie inferiori costruisconsi alcuna volta interamente di legname: sogliono consistere in un graticolato stabilito su d' una palificata, le cui caselle si riempiono d' argilla e sono ricoperte di tavoloni formanti una piattaforma in continuazione della platea; ma più sovente si è pago di costruire queste soglie con una semplice fascinata.

Evvi una maniera particolare di sostegni, di cui giova fare uso all' estremità inferiore d' un canale che mette le sue acque in un fiume soggetto ad escrescenze, e col quale il sostegno debba stabilire una costante comunicazione, qualunque sia il livello delle acque del fiume.

Questo sostegno dunque di peculiar forma, dee procacciare il modo di penetrare nel canale anche quando le piene sorpassano il livello del tronco antecedente a quello che sbocca nel fiume. A tal' uopo delle porte giranti van collocate nelle chiuse superiore ed inferiore; e mercè di siffatti portelloni i battelli possono discendere dal fiume nel canale: perchè al loro aprirsi, scaricandosi nella vasca la falda acquea superiore al tronco in cui fa duopo entrare, di leggieri, si ristabilisce poi il livello delle acque della vasca con quelle di questo tronco (1).

Un esempio ricavato dal sostegno edificato alla novella foce del canale de' due Mari nella Garonna, mostra i vantaggi della manovra di questa specie di sostegni.

L' orditura delle porte delle chiuse, si compone d' un telaio rettangolare e di traverse intermedie: uno o più diagonali, compiono il sistema di quest' armadura.

De' due ritti formanti i lati verticali del telaio, l' uno, collocato nella nicchietta, ed intorno al quale gira la porta, denominasi *fuso*, ovvero *ritto cardinale*, e l' altro *ritto battente*.

L' uffizio del diagonale principale, ossia di quel membro che forma la diagonale del parallellogrammo, non che quello delle altre traverse obblique, allorchè ve n' ha, si è di richiamare il peso della porta sul fuso.

Si è talvolta fatto abuso di questo principio, moltiplicando i diagonali oltre il necessario.

Ogni diagonale collocato al disotto del principale, e che non si appoggia al fuso, è manifestamente vizioso e va soppresso.

I pezzi del telaio, essendo sempre d'una riquadratura maggiore di quella delle traverse che con esso loro s' incastrano, nella differenza di grossezza si pratica una canalatura, nella quale s' incassano i capi de' tavoloni che costituiscono il rivestimento, e che van posti dalla banda della pressione dell' acqua.

Notabile essendo il peso delle porte, e nella loro ratazione cessando d' essere

(1) Si potrebbe a rigore far di manco di quelle porzioni di chiusa che debbono ricevere le porte giranti, ed evitarne la spesa con prendere il partito di lasciar liberamente entrare le acque del fiume nel canale, nel quale esse s' innalzerebbero al livello della piena; ma per questa male avvisata economia si esporrebbe ad interrimento tutta la parte sommersa delle chiuse e del canale, poichè il fiume vi deporrebbe le torbide e le alluvioni che copiosamente trasporta in questa circostanza, e che tanto importa di tener lontane.

sostenute, vuolsi procurare mercè la combinazione de' loro membri, di scemare il peso di ciascun giro, richiamando verso il fuso una parte di questo peso.

In questo intendimento appunto, si usa situare i tavoloni di rivestimento obbliquamente e parallellamente al diagonale.

Gli uscioli e portelli, qualora impieghisi questo mezzo per l'introduzione dell'acqua nella vasca, van situati nel basso delle porte in telai adattati alle medesime.

Dalla disamina dalle dimensioni, e dalle indagini sulla miglior situazione delle traverse risultano due sistemi per la costruzione delle porte.

1.° Con traverse ugualmente distanti, e d'inuguali riquadrature rispondenti alle pressioni che sperimentano secondo il loro sito. Tal' è il primo sistema.

2.° Uguali riquadrature e disuguali distanze tali che producano uguali pressioni, costituiscono il secondo sistema.

Di cotai due sistemi, i quali offrono uguale risultamento in quanto alla resistenza, l'ultimo è da anteporsi, come quello che per l'ugualità delle riquadrature è di più agevole costruzione.

È costume di rafforzare l'insieme del telaio che costituisce l'orditura delle porte, mediante ferrature, consistenti in lastre e squadri: desse si applicano sulle facce verticali delle traverse e dei ritti, si corrispondono nelle due opposte facce della porta e sono fra loro legate mediante caviglie a vite e madreviti.

La rotazione delle porte ha luogo sul fuso, il quale gira, col perno di cui è armato il piede, entro una ralla impiombata nella soglia.

Le porte sono rattenute in positura verticale da un collare di ferro che abbraccia il fuso nella sua sommità, e che chiamasi spreggio.

Vuolsi far uso della maggior diligenza nella ponitura delle porte, ond'evitare le feltrazioni, le quali immancabilmente troverebber luogo, ove la faccia semicilindrica del fuso non combaciasse esattamente col vivo dell'incavo, e lo zoccolo della porta col controbattente. Cosiffatta precisione nella ponitura delle porte dipende dalla positura del fuso, e dalla situazione dei centri dello spreggio e della ralla, i quali debbono trovarsi in una linea verticale, quale che sia la situazione della porta nel suo moto di rotazione.

Il Gauthey propose una utile modificazione nel modo di disporre lo spreggio sì che se ne scemi l'attrito, e fu adottata per lo canale di Borgogna. Consiste in un police di ferro infisso sul fuso. Questa disposizione minora evidentemente l'attrito, il quale in tal circostanza ha luogo soltanto intorno al police.

La conservazione delle porte domanda ch' esse sieno tinte ad olio, oppure incatramate.

Il movimento delle porte delle chiuse suole operarsi mercè di travi orizzontali incastrati sui ritti delle medesime. Cotali vetti van situati ad altura d'appoggio a contar dalla faccia superiore de' muri di sponda. Questa maniera è comoda non meno che semplice: essa richiede poca forza qualora la porta sia in positura esattamente verticale. Si dà loro una lunghezza presso a poco uguale alla larghezza delle porte; e, ad accrescere l'effetto del contrappeso, si carica talvolta con ferro, ed anche con piombo la loro estremità. I vetti sogliono generalmente adoprare per lo movimento delle porte de' canali; chè per le grandi chiuse de' porti

di mare si fa uso di verrocchi, di argani, e di mezzi proporzionati allo sforzo necessario, onde agevolmente maneggiare le grandi porte.

In quanto alle cateratte de' portelli, si dà loro il moto d'ascensione e di discesa o mercè di viti, siccome al canale de' due Mari, ovvero, siccome più generalmente si usa, mediante martinetti. In amendue i casi lo sforzo che si vuol produrre con questi mezzi meccanici va calcolato giusta il bisogno, il quale dipende dal peso della cateratta e dell'attrito che ha luogo nei gargami, ch'è dovuto alla pressione dell'acqua che agisce contra la cateratta.

SUNTO DELLE XXVII.ª LEZIONE.

Acquidotti. — Sfioratori, e scaricatori. — Ponti di comunicazione stabili e mobili.—Trafori e tagliamenti dei monti per lo stabilimento del canale o dei canaletti. — Nozione sul sistema di minuta navigazione.

Gli acquidotti sono edifizi destinati a liberare un canale o un canaletto da quelle acque che in taluni casi non debbono essi accogliere: il loro uffizio è d' isolare a piacimento un canale dalle acque soverchie, o che sono nocive alla navigazione.

Codesti edifizi sono di tre maniere, dipendenti dalla loro situazione rispetto al livello delle acque del canale.

1. Le botti rettilinee, le quali attraversano un canale per di sotto, e che avendo la loro platea nel piano del fondo del canale laterale, le acque di questo hanno uno scolo naturale, il quale è dovuto al pendio uniforme del suo fondo.

2. Le botti curve ovvero a sifone, e sono quei condotti che s'immergono sotto il canale e risaliscono da ciascun lato per arrivare ne' contrafossi o canaletti laterali il cui letto o fondo, per una circostanza di località si trovi in un piano superiore alla platea del condotto sotterraneo.

3. Ponti acquidotti quei, che sovrastando ad un fiume, lo attraversano senza disturbarne il corso delle acque; e viceversa, se l'acquidotto è destinato a far passare il canale al di sopra del fiume, l' edifizio denominasi *ponte-canale*: se per l' opposto debba il fiume passare sovra il canale senza nuocere alla sua navigazione, allora conserva il nome di ponte-acquidotto.

Le dimensioni in larghezza degli acquidotti in tutt' i detti casi, sono sempre relative alla quantità d' acqua che vi dee scorrere.

Allorquando i corsi d'acqua cui è mestieri il canale attraversi sono di qualche considerazione e giacciono nel piano del canale, ch' è il caso più sfavorevole, si è obbligato di accorglierli nel canale stesso, e d' aver ricorso alle risorte che l'arte può porgere, onde liberarsi dalle alluvioni che dall'immissione sogliono derivare.

Un commendevole esempio di quel che l' ingegno puote in simili casi, ammirasi nel modo con cui è stato liberato il canale dei due Mari dalle alluvioni del torrente del Libron, che lo attraversa liberamente, non avendo le località consentito l' uso d' un acquidotto.

Si fa uso a tal' uopo d' una specie di battello con tolda, che durante le piene si situa attraverso il torrente. La disposizione della barca è tale, che il corso del torrente rimane isolato dal letto del canale, allorchè, opportunamente collocata, si opera la sua immersione mediante una certa quantità d' acqua che vi s'introduce. In questa situazione il ponte della barca trovasi nel piano del letto del torrente, nel quale abbattonsi i fianchi, ossiano le grandi pareti della barca, che mediante ciarniere sono capaci di siffatto movimento: le piccole pareti rimangono nella loro positura verticale, e siccome la loro altezza supera il livello delle acque del canale, desse rattengono le acque del torrente, le quali un con le alluvioni che seco lui trasporta, passano nella parte del suo letto che trovasi al

di là del canale. La invariabilità della situazione di cotal barca è raccomandata a muri rispondenti agli sbocchi del torrente nel canale e quindi alle grandi pareti della barca: una tenue convergenza nel piano de' detti muri vieta alla barca di mutar la sua situazione.

Tosto che la piena per la quale s'è posta in opera la barca è passata, questa si vuota e si rimette a galla, onde riporla entro un ricovero appositamente praticato nella sponda del canale, e la navigazione è libera.

Le botti rette e curve possono venir costrutte anche in legname.

Le particolarità di costruzione de' ponti-aquidotti non son diverse di quelle dei ponti edificati sulle grandi strade, aggiungendovi però le cure di sopra accennate per rendere la muratura de' sostegni impermeabile.

La scelta del sito più vantaggioso per gli acquidotti debb' essere il resultato d'un attento studio. Il canale de' due Mari vien citato siccome esempio degno d'imitazione in talune delle sue parti, in dove questi edifizi sono bene collocati.

Degli sfioratori, e degli scaricatori.

Questi edifizi servono a liberare il canale dal superfluo delle sue acque, allorquando dopo strabbocchevoli piove, o per altra particolare cagione, esse son troppo abbondanti: gli argini sarebbero evidentemente in pericolo, ove non si fossero usate le opportune disposizioni onde vietare a quelle di giammai sormontarli. Servono ancora queste opere a vuotare il canale in casi di restaurazioni.

Gli sfioratori abbassano il livello, gli scaricatori seccano il fondo.

I primi nel caso d'un altezza d'acqua la quale di poco ecceda quella che abitualmente si serba nel canale, poca acqua ne sottraggono; mercè i secondi poi lo scolo avendo una celerità dovuta all'altezza dell'acqua del canale, l'esito è assai più considerevole.

Gli sfioratori conformemente all'uffizio cui si destinano, non altro sono, che un rivestimento di fabbrica della scarpa interna del canale: un muro la cui superficie superiore formante piattaforma si stabilisce a quella maggiore altezza cui si fan giungere le acque del canale. La caduta delle acque passanti per sopra gli sfioratori, allorchè sovr' essi s'innalzano, succede su d'una seconda piattaforma inferiore, la quale tagliando la diga, prolungasi fino al canaletto o contrafosso: un ponte va stabilito sovra questo taglio per lo servizio dell'alzaia. Il numero degli sfioratori, e la loro ampiezza vogliono proporzionarsi alla quantità d'acqua di cui dee procacciarsi lo scolo, onde il livello del canale si mantenga costantemente all'altezza necessaria per la navigazione.

Gli scaricatori sono semplici chiuse con cateratte, munite di pareti laterali e d'una platea che dal canale si distenda infino al controfosso. Oltre la grave spesa di costruzione che siffatte opere richieggono, han d'uopo d'un operatore pel loro servizio; quindi se ne costruisce quel numero soltanto ch'è necessario per provvedere all'evacuazione delle acque derivanti dalle piene cui il canale è soggetto, e per vuotarlo ne' casi di ristauri.

L'emissario a sifone, il quale è in pari tempo sfioratore e scaricatore, inven-

zione dell' ingegnere Garipuy, è stato con buon successo applicato al canale dei due Mari.

Questo emissario in alcune circostanze fa l' uffizio di sfioratore, e cangiasi in iscaricatore quando la soverchia altezza delle acque lo esige. Siccome lo accenna il nome, cotal emissario, costrutto in fabbrica si compone di due braccia; l'uno più breve ha foce nel canale presso al fondo, l' altro più lungo mette capo esternamente nel controfosso, e sono riuniti mediante una curva circolare.

Il giuoco di questo emissario, che adempie nel bisogno a due uffizi, è dovuto ad uno sfiatatoio collocato nel braccio del sifone che attigne nel canale, e ch' è forato un poco al disotto dell' altezza delle acque ordinarie della navigazione. Questo braccio non s' innalza oltre il piano dello sfiatatoio che di un decimetro all' incirca, di quella quantità cioè che forma l' altezza interna del gomito del sifone; ed il piano inferiore dello sfiatatoio per tale disposizione è tangente alla curva inferiore che unisce le due braccia. In questo stato di cose, egli è palese, che quando per le piene, le acque s' innalzano al disopra del consueto livello, queste raggiungono la curva inferiore, e l' opera fa l'uffizio di sfioratore infino a che il livello, continuando ad innalzarsi, non raggiunga la curva superiore del gomito del sifone. Allora l' aria esterna che rimaneva nel gomito, essendo discacciata dall' acqua a lei subentrata, senza che possa rientrarvi perchè lo sfiatatoio è immerso, e non vi si potendo più introdurre perchè tutta la capacità del sifone è ripiena d' acqua, questo fa allora necessariamente l'uffizio di scaricatore e produce un considerevole efflusso. E continua in tale uffizio infino a che le acque abbassandosi nel canale lo sfiatatoio si discopre; allora l' aria rientrando nel sifone, si riduce questo nuovamente al primo uffizio.

Il fenomeno fisico delle fontane intermittenti ha dato probabilmente luogo all' invenzione dell' emissario a sifone: le cagioni dello scolo e delle intermittenze non sono punto differenti.

Tutte codeste opere, tranne l' emissario a sifone il quale richiede delle cure particolari, non presentano che le sole difficoltà comuni a tutte le costruzioni in acqua. Un apparecchio bene inteso, muramenti eseguiti con diligenza, e l' espediente del bitume dentro la grossezza di essi, affin di renderli impermeabili, sono in generale i mezzi di assicurare il buon successo di cotali lavori.

De' Ponti-acquedotti, e de' Ponti-canali.

Servono questi edifizi, siccome dianzi si disse, a far passare un canale superiormente ad un fiume, e viceversa.

Le loro dimensioni van determinate sempre a norma dell' utilità cui debbono corrispondere relativamente alla navigazione stabilita nel canale, e giusta il volume d' acqua che debbono condurre. I particolari della loro struttura, tranne alcune differenze, dipendono da que' medesimi principi esposti pe' progetti e per la costruzione de' ponti destinati all' uso delle strade: tutto quanto è stato accennato per questi, e per conseguire l' impermeabilità delle murature, è applicabile agli acquidotti.

Dei Ponti di comunicazione

Sui canali si costruiscono anche dei ponti per unire fra loro le parti di strada dal canale separate; ed allorchè il barcheggio è a vela, essi debbono di necessità essere della specie de' ponti mobili.

Fra le varie sorte di ponti mobili, quelli di cui è più ovvio l'uso, sono i ponti levatoi ed i ponti giranti. Le circostanze di località, e la considerazione del modo con cui la navigazione ha luogo, debbono determinare la scelta fra codeste diverse maniere di ponti mobili.

Qualunque essa sia la scelta, le dimensioni del ponte van fissate coerentemente a ciò che strettamente richiedono i bisogni combinati della navigazione, e dell'uso della via, cui esso serve di comunicazione; ed i mezzi destinati ad operare il movimento di cotai ponti, voglion sempre soggettarsi al calcolo, onde non vi s'impieghi che la forza assolutamente necessaria. I principi di statica elementare sono interamente applicabili alla soluzione di questa sorta di problemi.

Dei trafori e de' tagli.

Si è di già insistito sugl' inconvenienti di questa specie di opere, per lo stabilimento di un canale o d' un canaletto ; ma quando fosse indispensabile di ricorrervi, vuolsi usare grande attenzione nel modo di traforare con la mina, qualora si tratti di roccia viva, a motivo degli scotimenti che fendono le rupi e possono nel prosieguo dar luogo a feltramenti. Ove la massa sia tenera, ma alquanto consistente, i tagliamenti si eseguiscono col piccone, ed è questo il caso più favorevole. Le difficoltà di esecuzione crescono, allorchè il terreno si compone di sabbia, di ghiaia, di roccia calcarea tenera, o d'altre sostanze infine, che si sfogliano e che hanno poca aderenza fra loro. Quest' ultimo caso presenta le maggiori difficoltà, richiede dispendiose cautele, e rende quasi sempre necessario che si copra di volta il canale: lo che notabilmente aumenta la spesa.

Allorchè il traforo è lungo, l'economia richiede che il canale riducasi alla minor larghezza possibile; si praticano allora di tratto in tratto delle nicchie, nelle quali un battello si ritira, onde isgombrare il passo ad un' altro che gli venga all' incontro.

Vuolsi non pertanto por mente che il ridurre al minimo l'ampiezza d' un canale o d' un canaletto nella parte sotterranea, notabilmente accresce la resistenza che il mezzo oppone al cammino della barca, perlochè il tiro dei battelli richiede una forza motrice maggiore, e sensibilmente ritarda la velocità dell' acqua nei canaletti.

L'altezza dello speco d'un canale sotterraneo vuol esser tale, che una barca carica e con l' albero dell' alzaia rizzato, possa liberamente transitarvi.

De' pozzi sfiatatoi, che dalla superficie del suolo scendono perpendicolarmente a forare la volta, illuminano i canali sotterranei.

Procacciano altresì codesti pozzi il modo di eseguire, ed anzi di accelerare lo

sgombramento dello sterro: operazione, che lunghissima e dispendiosa riuscirebbe, se si dovesse percorrore tutta la lunghezza del sotterraneo, per deporre le terre fuori alle sue due estremità.

Ove un canale debba attraversare un monte che non offre un' erto declivio, si può allora diminuire la lunghezza della parte sotterranea, con istabilire il canale allo scoverto infino al punto in dove la spesa del tagliamento, sempre crescente a misura che nel monte si procede, ecceda quella occorrente pel traforamento.

Nel caso dei tagli a cielo scoverto, bisogna attenuare l'inconveniente degli scoscendimenti derivanti da questo sistema, praticando delle banchine, con un canaletto al piè della scarpa che raccolga le acque pluviali e quelle delle feltrazioni o delle sorgive, cui molto importa di allontanare dalla scarpa.

Metterò fine alle particolarità dei grandi canali navigabili, con una breve nozione intorno ai canali che costituiscono la minuta navigazione.

Sistema di minuta navigazione.

Questo sistema par che offra dei vantaggi di risparmio nel consumo d' acqua come nella spesa di costruzione, ed è per tali riflessi segnatamente applicabile a' canali da collocarsi in siti montuosi, e massime quando abbiano per fine lo scavo delle miniere.

Questi canali sono di poca larghezza, e sono traghettati solamente da burchi costruiti appositamente, e di forma analoga al servizio cui sono destinati. Alcuni di siffatti canali costruiti in Inghilterra, non hanno più che tre metri di larghezza.

Mercè l' uso di questo sistema di canali, nel quale le cadute più alte sono valicate con vari mezzi propri di questa navigazione, si può contornare con un canale una costa, fintanto che essa si presta al suo stabilimento, e seguire un andamento favorevole al progetto. Siffatto metodo di tracciamento dà necessariamente luogo ad alte cadute, alle quali gli ordinari sostegni punto non sono confacenti: ma l' arte ha investigato altri espedienti, più o meno ingegnosi per far superare dai battelli quelle cadute.

V' ha degli esempi di cadute di 20 fino a 30 metri, valicate mercè di piani inclinati per modo disposti, che mentre un battello ascende l' altro discende. Diversi motori e diversi meccanismi possono a tal' uopo convenire. L' ingegnere americano Fulton ha pubblicata un'opera, nella quale stabilisce e propone diversi sistemi di piani inclinati, con varie specie di motori, ma fondati sui medesimi principi. Essa è tradotta in francese ed offre di molte interessanti particolarità, non solo sulla costruzione di questa maniera di canali, ma sovra quella eziandio de' ponti di ferro.

Allorquando nell' esecuzione di cosiffatti canali le cadute riescono meno alte, si è immaginato di stabilire la comunicazione fra i tronchi superiore ed inferiore mediante un pozzo, cui un cassone, che fa uffizio di sostegno mobile, con entro il battello, percorre in tutta la sua altezza. Questo primo pensiero, comechè offra di gravi inconvenienti, è stato mandato ad effetto in Inghilterra in un

canale presso Bath; è stato dappoi corretto e modificato nello stesso canale, con fare che il sostegno mobile sia sostenuto da un galleggiante immerso in un pozzo cavato al piè della caduta, nel fondo del tronco inferiore, e di profondità uguale alla caduta. Per tale disposizione il cassone o sostegno mobile, gravato dal battello, fa discendere il galleggiante fino al fondo del pozzo, e discende con esso lui per arrivare al livello del tronco inferiore, nel quale può allora passare. Un battello ascende con lo stesso mezzo, introducendo nel cassone od estraendone delle quantità d' acqua relative agli effetti di abbassamento o di ascensione che fa duopo produrre; a siffatto ingegnosissimo trovato vanno annessi il meccanismo ed i corredi degli apparati necessari a facilitare e regolarizzare il giuoco della macchina.

I SS. Soulage e Bossu, ingegneri francesi, immaginarono non è guari tempo, sotto il titolo di *Sostegno a conca mobile*, una macchina assai ben congegnata nelle sue parti. Il suo movimento è fondato sui princìpi testè accennati, e sembra che debba con successo adempire allo scopo da esso loro propostosi, di fare valicare cioè, da un battello di minuta navigazione, una caduta di 7 ad 8 metri di altezza. Il modello fattone fare da loro con molta precisione, pare che non lasci desiderar cosa, circa la regolarità dei moti ascensorio e discensorio de' battelli, quale che siasi il caso che possa presentarsi.

È stato non ha molto applicato in grande lo spediente del piano inclinato di Fulton, e quello del sostegno mobile, ad un canale di minuta navigazione che si costruisce per far comunicare lo stabilimento di Creusot col canale del Centro. L' esperienza di questo saggio di minuta navigazione, i cui lavori non sono stati per avventura eseguiti con la diligenza necessaria ad un compiuto felice successo, porrà termine alla controversia esistente in Francia sui vantaggi e sugl' inconvenienti della minuta navigazione: e fisserà inoltre l' opinione, circa i modi che son propri di lei, e fino al presente conosciuti, di superare le alte cadute, le quali sono essenzialmente inerenti a cotal sistema.

Supplimento alla nozione sulla minuta navigazione.

La controversia intorno al sistema di minuta navigazione esistente in Francia all'epoca della prima impressione di questo libro, bisogna che cessi, or che la commendevole opera del Dutems, ispettore divisionario di Ponti e Strade, ha forniti tutt' i documenti che s' ignoravano, intorno a ciò che in Inghilterra si pratica su questo particolare, e de' quali si aveva duopo per chiarire la discussione di questa importante quistione.

Il prefato ingegnere, osservatore abilissimo, offre nella sua opera impressa per cura dell' Amministrazione de' Ponti e Strade nel 1819, nella Stamperia Reale, come risultamento d' un viaggio da lui fatto in Inghilterra, un prospetto compiuto della navigazione stabilita in Inghilterra per mezzo de' canali, inservienti ad ambedue i sistemi di grande e di minuta navigazione.

La prima osservazione da farsi sul prospetto de'canali stabiliti secondo quel duplice sistema, si è che ne' grandi canali, comunque diversa sia l' ampiezza delle

loro sezioni, le chiuse che redimono le cadute, sono di dimensioni siffatte, che possono senza aumento nel consumo dell'acqua, ammettere ambedue le specie di battelli comunemente in uso ne' grandi e ne' piccoli canali.

Quegli che navigano ne' canali di ampia sezione sogliono avere 22 in 23 metri di lunghezza per m. 4,40 di larghezza da fuori a fuori, e la portata di 40 a 60 tonnellate. I battelli destinati a navigare in canali di angusta sezione, hanno del pari 22 in 23 metri di lunghezza, ma la larghezza è di m. 2, 20, e la portata di 22 tonnellate.

Da ciò risulta evidentemente, che i sostegni de' grandi canali possono ricevere i battelli piccoli accoppiati fra loro, e che questi possono navigare senza il benchè menomo inconveniente, così ne' canali di ampia, come in quelli di stretta sezione.

Una delle più essenziali considerazioni per la perfezione d'un sistema generale di navigazione, è quella di dare a tutti i sostegni tali dimensioni che possano ricevere tutt' i battelli in uso; ed a ciò appunto si è in Inghilterra pervenuto mediante la correlazione esistente fra le dimensioni dei sostegni de' differenti sistemi, e quelle de' battelli.

In grazia di siffatta correlazione, la quale permette una libera circolazione in tutt' i canali di cui si compone un sistema generale di navigazione, si può profittare di tutt' i vantaggi di risparmio, sì nella spesa di costruzione che nel consumo d'acqua, manifestamente risultanti dall' ammissione d'un sistema di minuta navigazione, potendo questo entrare siccome parte integrante in un sistema generale; nè vuolsi esitare di adottarlo, qualora le località richieggono l' uso di cotal mezzo affin di continuare una linea di navigazione, la quale spesso senza l' ammissione di esso non potrebbe effettuirsi. Ma egli è indispensabile di ammettere le ampiezze di sezione adottate in Inghilterra, le quali sono di 8 metri al livello dell' acqua e di m. 4, 87 nel fondo, con un' altezza acquea di m. 1,22, e non già quelle del sistema di minuta navigazione proposto dal Fulton, in cui non possono navigare che piccolissimi battelli capaci di sole 4 tonnellate. Gl' inconvenienti di cosiffatto sistema furono avvertiti e rigettati in Inghilterra, tostochè apparve l' opera dell' americano ingegnere, la quale fu pubblicata nel mentre che trattavasi di ordinare un sistema di minuta navigazione.

Nella più parte de' canali costruiti in Francia infino ad ora, le chiuse stabilite in quelli che hanno o che avranno in appresso comunicazione fra loro, non sono di uniformi dimensioni e tali che possano ammettere tutt'i battelli destinati a questa navigazione; i battelli stessi diversificano fra loro nella lunghezza, nella larghezza, e nella immergibilità; di sorta che in molti casi è mestiere dividere il carico, o cangiar di battello per passare da un canale in un' altro.

La correlazione in Inghilterra esistente fra le chiuse edificate in canali di diversa sezione, è un perfezionamento che tuttora desideriamo nel nostro sistema di navigazione, e l' amministrazione illuminata che di presente attende ad ampliarla ed a migliorarla, non trasanderà probabilmente di adottarlo.

Nello stabilire il sistema di minuta navigazione, la quale suole aver luogo in siti non abbondanti d' acqua, escogitarono gl' ingegneri inglesi vari sistemi pei

quali si potessero superare le alte cadute ed economizzare il consumo dell'acqua, e sono quelli già di sopra accennati e ch'essi chiamano chiuse a cassone, chiuse a galleggiante e piani inclinati.

L'ingegnere Williams Smith fece costruire nel 1794 ad Oaken Gates la prima chiusa a cassone. Essa è stata descritta disopra giusta esatti ragguagli, che furono tali di poi confermati dalla descrizione fattane dal Dutems. Lo stesso ingegnere saggiò più volte questo pericoloso sistema di sostegni, ascendendo il pozzo di unita ad altri passeggieri nel cassone che racchiudeva il battello; ma non guari dopo apparvero di grandi guasti ne' muri del pozzo, che furono cagione della totale rovina dell' edifizio. Fu pertanto condannato un tal sistema, al quale si sostituirono in prima dei piani inclinati corredati di argani, e finalmente i consueti sostegni.

De' due progetti di sostegni a galleggianti inventati da' SS. Rowland e Pikering e già descritti di sopra, l'uno doveva essere applicato al canale dell' Ellesmère presso Ruabon; ma non sì tosto vi fu dato principio, che i principali socî della compagnia del canale, spaventati dall' enormità della spesa, la quale doveva oltrepassare le 250 mila lire, e dall'incertezza del successo, risolsero d'abbandonare l'impresa, della quale non si vede vestigio alcuno. L'altro progetto di sostegno a galleggiante, non solo non è mai stato eseguito, ma lo stesso modello non esiste.

L'espediente de' piani inclinati, ne' casi d' inopia d'acqua, viene con successo adoprato in Inghilterra in talune circostanze. Ve ne ha tre nel solo canale del Shropshire, mediante i quali si superano considerevoli cadute di 36 a 63 metri d'altezza. Nel libro del Dutems si trova la descrizione di questi piani inclinati e della manovra per l'ascensione e la discesa de' battelli.

Il piano inclinato fatto costruire dal Duca di Bridgewater nelle miniere di Walkden-Moor, è la quarta opera di questa natura. La singolarità del sito, ed il gran pro che se ne ricava, gli hanno acquistata la giusta celebrità di che gode. La sua descrizione leggesi parimenti nell'opera del Dutems (1).

---

(1) Al duca di Bridgewater, che concepì il disegno e regolò l'esecuzione di questo piano inclinato, la società di Londra per l'incoraggiamento delle arti, delle manofatture e del commercio, decretò una medaglia d'oro onde onorare il modo in cui sì grand' opera era stata da lui mandata ad effetto, non meno che gli sforzi dallo stesso sempre mai operati per far prosperare la navigazione interna. Parendoci pertanto, che un' opera la quale si è acquistata cotanta celebrità, meriti di esser conosciuta, ci facciamo qui appresso a darne un breve cenno.

Ad una navigazione scoperta di proprietà dell' anzidetto duca, della lunghezza unita, nelle sue diverse direzioni e ramificazioni, di meglio che 40 miglia, tutte nel medesimo livello, si congiugne a Worsley una navigazione sotterranea particolarmente destinata al servizio delle miniere di carbon fossile al di sotto di Walkden-Moor, le quali col mezzo di questi canali provvedono di così importante articolo Manchester ed altre piazze.

La navigazione sotterranea giace in due diversi livelli. Il tronco inferiore, ch' è nello stesso piano del canale scoperto, col quale si riunisce presso Worsley, è lungo 12 miglia. Il superiore è lungo più di 6 miglia, e trovasi al disotto della superficie del terreno naturale per l'altezza variabile fra verghe 38 e 61, pari a palmi napolitani 131, 34 e 210,84. Le dimensioni dello speco in amendue i livelli sono: in larghezza piedi ing. 10 e pol. 4 (pal. 11,

A siffatto ultimo modo di valicar le cadute de' sostegni con risparmio nel consumo dell' acqua, aggiungono eziandio gl' Inglesi quello adoprato al sostegno di Bouzingue, nel canale da Ypres a Niewport, e descritto a pag. 195, il quale, quant' è semplice, tant' è ingegnoso.

Da ultimo, a provvedere in modo efficace al difetto d' acqua che sovente si sperimenta nella più parte de' canali di minuta navigazione, adoprano gl' In-

---

88); ed in altezza piedi 8 e pol. 6 (pal. 9, 77). La profondità dell' acqua è di piedi 3 e pol. 7 (pal. 4, 11).

La differenza di livello fra i due tronchi è di verghe 35 1/2 (pal. 122, 7). Lo scopo di questo piano inclinato è di riunire la navigazione di questi due tronchi, facendo valicare ai battelli, sì carichi che vuoti, la caduta suddetta di pal. 122, 7.

Prima che il piano inclinato esistesse, i battelli carichi si arrestavano all' estremità del tronco superiore; quivi erano discaricati, ed il carbon fossile si faceva per entro un pozzo discendere nel tronco inferiore, in dove se ne caricavano i battelli vuoti, che all' uopo vi si trovavano. In tutte le quali operazioni grande era il tempo che s' impiegava, grandissima la spesa ed il danneggiamento di materiale che si faceva.

Una roccia di arenarea bianca con l' inclinazione all' orizzonte di 1 : 4, dal piano del tronco superiore scende verso l' inferiore. Nel cuore di essa, la quale è stata cavata in tutta la sua lunghezza, è situato il piano inclinato.

Sulla sua sommità sono due sostegni accoppiati, destinati, l' uno ad accogliere i battelli carichi che debbono scendere, e l' altro i vuoti che vengono dal tronco inferiore, ed amendue della lunghezza di piedi 54 (pal. 62, 1). Nel sito ch' essi occupano, ch' è l' estremità del tronco superiore, lo speco è largo piedi 24 1/2 (pal. 28, 17), ed è alto piedi 21 (pal. 24, 15) nel luogo delle portine. La loro platea non è in un piano orizzontale, ma con un pendio regolato con premeditazione vassi a congiugnere col piano inclinato; per modo che essa è sottoposta al livello dell' acqua di piedi 4 1/2 (pal. 5, 17) nel sito delle portine, e di piedi 8 (pal. 9, 20) in quello dei portoni. Le portine ed i portoni si aprono per far passare i battelli, e si chiudono allorchè debbonsi riempire le conche; al quale ultimo scopo le prime sono munite de' consueti usciuoli per l' introduzione dell' acqua. Per lo vuotamento dei crateri evvi di lato, ed esternamente ad un di essi, un pozzo, nel quale si discaricano non solo le acque del bacino contiguo per una luce esistente nel piede della parete, ma quelle eziandio dell' altro, quando è mestieri, mediante una comunicazione praticata nel muro che divide le due vasche.

Nel sito delle portine è collocato il semplicissimo congegno pel quale si opera l' ascensione e la discesa de' battelli. Esso consiste in un cilindro orizzontale del diametro di piedi 4 e pol. 11 (pal. 5,65), aggirantesi intorno a' suoi appoggi, ed a cui si avvolge la fune ad un capo della quale si lega il battello carico, ed all'altro il vuoto; in una ruota verticale che ha il suo centro nel mezzo dell' asse del cilindro, e ad un lato della quale sono 372 denti in situazione orizzontale, ed in un rocchetto situato orizzontalmente, e guernito di undici ale che s'ingranano coi denti della ruota.

Il piano inclinato è lungo piedi 453 (pal. 520, 95), e la sua pendenza di un piede per quattro; il suo profilo è una linea retta in quasi tutta la sua lunghezza, ma avvicinandosi al vertice ed al piede, si cangia in due curve dolcemente sviluppate mediante le quali si va a congiugnere coi due tronchi superiore ed inferiore. La sua totale larghezza è di piedi 19 (pal. 21, 85) per la lunghezza di circa 282 piedi a cominciar dalla sommità, e di piedi 10 (pal 11, 5) per la rimanente parte. La prima porzione è divisa per lungo in due parti uguali da un muro che giugne fino al soffitto, e tutto il piano inclinato è lastricato di bandoni di ferro assicurati a traverse o dormienti dello stesso metallo incastrati nel

glesi con profitto grandissimo le macchine a vapore, con le quali innalzano le acque attinte ne' tronchi sottoposti fino al punto culminante. Una macchina di questa natura, e della forza di cento cavalli adoprasi nel canale di Rocdale. Più altre macchine sono stabilite in parecchi altri canali, e pare che questo modo di ottenere quantità d'acqua sufficienti al servizio della navigazione, sarà in prosieguo impiegato nel canale del Reggente presso Londra, dove non per anco era sicura la riuscita d'un nuovo sistema di sostegni inventati dal Colonnello Congrève, allorchè il Dutems scriveva il suo libro.

Tali sono i principali documenti intorno al sistema di minuta navigazione stabilito in Inghilterra, ch'era mestieri aggiugnere a quello che su tale argomento offre l'antico testo della presente opera. Dessi sonosi tolti di peso dalle Memorie del Dutems: ma nell'opera stessa di questo ingegnere vogliosi essi studiare e meditare. I risultamenti delle numerose sue indagini sulla navigazione dei canali non solo, ma sui pubblici lavori in generale, di recente eseguiti in Inghilterra, sono del maggiore interesse per ogni classe d'ingegneri.

---

suolo. Le due parti in cui la prima porzione di piedi 282 è divisa, costituiscono le due vie per una delle quali scendono i battelli carichi, e per l'altra ascendono i vuoti, e che poi, riunite in una sola, vanno ad incontrare il fondo del tronco inferiore.

Per la suddetta generale pendenza del piano inclinato, combinata con la dimensione del cilindro orizzontale, quattro tonnellate di peso discendente fanno ascendere una tonnellata di peso senza sussidio di altra forza. Quindi le dimensioni de' battelli e delle carriuole, ed i caricamenti, si regolano in modo da serbar sempre questo rapporto, e da non aver duopo del soccorso di estranea forza per la discesa ed ascensione simultanea dei battelli. Se non che nel principio e nel termine dell'operazione, non essendo l'inclinazione delle platee dei sostegni quella medesima del piano inclinato, ma bensì minore, è necessaria un aggiunzione di forza. Egli è appunto allora che si fa uso del rocchetto, il quale mercè d'un moto laterale di cui è dotato, si fa ingranare coi denti della ruota, e vi si applica la potenza di un uomo. Tosto che il battello carico ha valicata la soglia di uscita, si ritira il rocchetto, e la discesa e la salita continuano da sè; giunto il battello vuoto all'ingresso del suo sostegno, si arma nuovamente il rocchetto, ed un uomo, girando i manubri, fa entrare il battello — Finalmente mediante un freno di cui la ruota verticale è guernita si possono ritardare a piacere le sue rivoluzioni, e quindi moderare la discesa, quando per avventura fosse troppo rapida.

I carretti sui quali si collocano i battelli sono lunghi piedi 30 (pal 34, 5) e larghi piedi 7 (pal 8,05), ed alla stessa fune che trascina il carretto è legato con nodo unico il battello. Il peso del carretto è di tonnellate 5 circa (circa cantari napolitani 57), di quattro quello del battello e di 12 quello del carbon fossile di cui esso si carica.

In otto ore di tempo circa, 30 battelli carichi scendono dal tronco superiore nell'inferiore: sicchè in questo spazio di tempo sono messi in movimento sul piano inclinato in discesa ed in salita num. 900 tonnellate di peso, cioè chilog. 913651, 2, pari a cantari napolitani 10254, 22.

Se si pon mente alla semplicità de' mezzi e dell'artifizio co'quali si perviene a così grande risultamento, e che si considerino gli ostacoli naturali vinti per istabilire nel vivo della menzionata roccia questo piano inclinato, sarà forza convenire che non senza giustissimi titoli sia quest' opera salita e quella celebrità di cui gode, e siane al prefato duca tornata la sua parte di lode e di rinomanza, in aumento di quella che questo benemerito e protettor esimio delle arti e dell'industria aveasi acquistata con altre opere non men di questa utili e grandi.

Description du plan inclinè ec. — T.

SUNTO DELLA XXVIII.ª LEZIONE.

Definizioni — Correnti del flusso e del riflusso — Effetti delle onde — Opere che costituiscono l' insieme d' un porto.

Porti di mare.

In Francia si chiamano lavori marittimi quelli che hanno per fine la navigazione esterna, e van divisi in due classi: i porti cioè, e le rade.

Il nome di porto in generale abbraccia non solo il porto propriamente detto, ma tutti gl' interni stabilimenti ancora, che ai bisogni della navigazione commerciale o militare si riferiscono.

Il porto propriamente detto è uno spazio situato ordinariamente nell' interno delle terre, il quale offre ai navigli un ricovero contro l' agitazione del mare. e contro i venti.

I porti sono di due sorte: i porti costantemente pieni, ed i porti di marea, ossia soggetti alle influenze di questo quotidiano fenomeno; il quale è segnatamente notabile nell'Oceano, mentr'è di debolissimo effetto ne'mari mediterranei.

Questa considerazione cagiona di necessità una diversità nella disposizione delle opere che compongono l' insieme d' un porto.

Il flusso ed il riflusso producono gli effetti conosciuti in generale col nome di marea.

La durata di ciascuna marea è di 24 ore e 48 minuti; vale a dire che durante il flusso, il quale dura più di sei ore, arriva il mare alla sua maggiore altezza, resta un momento stazionario, quindi pel riflusso discende per lo spazio similmente di sei ore ed alcuni minuti, dopo le quali ricomincia a salire.

Per effetto di questo moto alternato, ad ogni 15 giorni le maree ricadono alla medesima ora, con la differenza che le maree del mattino sonosi convertite in quelle della sera.

La maggiore intensità di cotal fenomeno, in più od in meno, ha luogo nel tempo delle acque morte e vive; il loro effetto più sensibile è per l' ordinario due giorni dopo le sigizie e le quadrature: le sigizie sono i noviluni e i pleniluni; le quadrature sono i quarti.

Di tutte le acque vive le maggiori sono quelle degli equinozî.

Le più deboli acque morte sono quelle de' solstizî.

Codesti effetti di depressione e d'innalzamento, che costituiscono le maree, dipendono anche dal concorso de' venti, secondo che sono loro favorevoli o contrari.

Non è mio scopo d' investigare le cause, e di spiegar le leggi delle maree: nell' esimia opera del Laplace (la sua Meccanica celeste) rinviensi la teorica di questo fenomeno. Io mi limiterò a considerarle in ciò che offrono di essenziale ad osservarsi nel rispetto della disposizione e della costruzione delle opere marittime.

Dicesi stabilimento d'un porto, l'ora nella quale, all'epoca del novilunio o del plenilunio, il mare vi è colmo.

Con l'osservazione facilmente si spiega la teorica e gli effetti delle correnti risultanti dal movimento alternato delle maree, per la parte ch'è necessario di conoscere, relativamente alla miglior disposizione delle opere d'un porto.

Di rincontro ad ogni baia, spiccasi dalla principal corrente regnante nel largo, una corrente secondaria, la quale, sollecitata da due forze, prende la direzione della diagonale del parallellogrammo che le rappresenta, e va a frangere contro la riva al di là della baia che deve riempire. Questa secondaria corrente decomponesi quindi: una parte forma una controcorrente che viene a riempire la baia, e l'altra segue la direzione della corrente principale, fino a che per una novella baia da riempire non s'ingeneri una novella controcorrente.

Queste controcorrenti assumono nomi diversi. Nella Manica son chiamate *verhaules*, e sono contrassegnate da linee visibili sulla superficie del mare, che prendono il nome di *limes*. I marini si prevalgono delle diverse *liste* additatrici delle correnti per affrettare il cammino delle navi.

Ne' mari mediterranei queste correnti provvenienti dalle maree, o non han luogo o sono poco sensibili. Non si conosce nel Mediterraneo che la sola corrente conosciuta col nome di *corrente littorale*.

L'azione combinata de' venti e delle correnti di maree, produce i flutti.

L'osservazione prova ch'essi hanno soltanto un moto d'oscillazione, e che la loro cima solamente ha taluna fiata un movimento di translazione (1).

Le onde distruggono una parte delle coste opposte al loro urto, e ne trasportano e depongono gli avanzi sulle spiagge, e segnatamente nei siti rispondenti alle vallate in cui sono spinti ed accumulati da' venti dominanti.

L'andamento e la quantità di alluvioni prodotte dall'erosione delle coste, possono mercè dell'osservazione, con assai di esattezza venir determinate: indispensabile è una cotal cognizione per collocare proficuamente le opere d'un porto, ed in generale per formare il progetto di uno stabilimento marittimo.

Il defunto Lamblardie, già mentovato, ed ingegnere di sommo merito, considerando e calcolando l'andamento delle alluvioni, ne fece obbietto di particolari investigazioni, le quali sono racchiuse in una commendevole Memoria sulle coste della Normandia pubblicata all'Havre nel 1789, nella quale raccolse tutt'i principi che l'osservazione de' fenomeni delle maree, de' venti e delle correnti può stabilire, per applicargli ai progetti ed alle costruzioni degli edifizi marittimi.

Dalla considerazione di codesti fenomeni di maree, delle correnti alternative

---

(1) Dalla nuova teorica del Bremontier sul movimento delle onde, risulterebbe che l'agitazione dei flutti si comunica ad una molto grande profondità dentro il mare. Chè anzi, da questo suo principio, confermato da molti sperimenti di fatto, ed applicato alle costruzioni in mare, egli conchiude, che non dovrebbonsi in questo elemento erigere opere a paramento verticale, quando non si ha la sicurezza che il suolo sul quale si vogliono impiantare sia della maggiore consistenza e stabilità, come sarebbe un suolo di roccia molto dura.

N. Th. Bremontier, Recherches sur le mouvement des ondes. — (T).

che ne sono la conseguenza, delle alluvioni che hanno un' andamento subordinato all' influenza dei venti, dell' agitazione infine quasi che continua del mare, al largo, è nata la necessità di edificare certe opere proteggitrici, le quali procacciano un ricovero sicuro e comodo alle navi, ed il cui insieme costituisce ciò che dicesi un porto.

Da prima nella veduta di agevolare l' ingresso e l'uscita delle navi, e per impedire che la bocca del porto fosse di continuo interrita dalle alluvioni, s' immaginarono le gettate o moli.

In continuazione di queste prime opere esteriori si formò il porto; ma alcuni porti di marea restan privi d' acqua nel riflusso, e non pertanto debbono accogliere dei navigli che non possono stare in secco: quindi s' immaginarono i bacini che restano costantemente colmi. Nel giro appunto di cotai bacini, oppure nelle loro adiacenze si sono poi collocati i diversi stabilimenti relativi alla marina.

Laonde un canale d'ingresso limitato dai due moli, e che comunica col mare, un porto d' arrenamento e talvolta dei bacini in continuazione: tali sono sull' oceano le principali opere che essenzialmente costituiscono un porto.

Gli altri stabilimenti che ne compiono l'insieme sono gli avanporti, i ritegni, le chiuse di scarico, gli scali, gli sfioratori ed i cantieri per lo racconcio delle navi da ultimo.

Facciamoci a disaminare le forme e le disposizioni delle principali opere testè mentovate, e di quelle che si debbono considerare come accessorie.

SUNTO DELLA XXIX.ª LEZIONE.

Gettate. — Avanporto e Sforatori. — Chiuse di scarico e Ritegni,

Nei porti dell'Oceano van denominate (jetées) *gettate*, una specie di dicchi la cui direzione è normale o poco inclinata alla riva, e che si avanzano più o meno nel mare.

Nel Mediterraneo queste opere assumono talvolta la denominazione di Moli, ed allora l' uffizio a cui sono destinate non è il medesimo di quello delle gettate.

D'altronde il molo propriamente detto, è un opera avanzantesi nel mare, isolata per l' ordinario, e destinata a coprire l' ingresso d' un porto. Tal' è il molo di Civita-Vecchia (1).

Le così dette gettate racchiudono quello spazio, cioè quella specie di canale, che nella più parte de' porti dell' oceano stabilisce la comunicazione fra il mare ed il porto.

La posizione delle gettate è subordinata alle accennate considerazioni dell'andamento delle alluvioni, ed a quelle della facile uscita delle navi e della calma da procacciare al porto.

Qualora il canale sia incassato fra due dighe, egli è chiaro che quella la quale trovasi sottovento verso le alluvioni debba essere più lunga dell' altra; per siffatta disposizione, le alluvioni nel loro cammino parallello alla riva, sono arrestate dalla sporgenza di quella diga più lunga, e le loro deposizioni si vanno ad accumulare contro la faccia esteriore della testa o punta della medesima. In questo aspetto ella fa uffizio di pennello; ma vuolsi convenire che le gettate non adempiono appieno al loro scopo contro le alluvioni. La grande copia con la quale queste materie giungono in alcuni casi, distende e prolunga le deposizioni, e fa loro soventi trapassare la punta della gettata; allora le alluvioni entrano nel canale, vi si accumulano appoggiandosi alla faccia interna della diga e bentosto vi formano uno scanno: quindi la necessità di altre opere per isgombrare il canale da quel-l' ostacolo, al quale sono segnatamente soggetti i porti della Manica.

Le circostanze che favoreggiano l' aumento delle alluvioni sono, allorchè i venti spirano per alquanto tempo formando colla riva un' angolo di 45 gradi. L' osservazione, d' accordo in ciò con le teoriche, stabilisce parimenti che le alluvioni arrivano in copia tanto maggiore, quanto più lungo è il tempo che i venti mantengonsi in quella direzione.

S' è soventi fatto abuso delle gettate per opporsi alle alluvioni: d' onde l' eccesiva loro protrazione che si osserva in taluni dei nostri porti.

Ed abusando dello stesso principio, si sono costrutti dei pignoni intestati alla riva contro il vento dominante ed inoltrantisi nel mare a guisa di gettate, formando

---

(1) I moli isolati come quello di Civita-Vecchia sono chiamati in Italia *guardiani*. T.

con la spiaggia angoli diversi, la cui inclinazione è per l'ordinario l'effetto di una pratica cieca o poco ragionata; ma questi pignoni non sono che palliativi contro le alluvioni, e, non adempiendo che precariamente questo scopo di utilità, giova non farne uso, quando trattisi soltanto di opporsi all'andamento delle alluvioni.

Il bisogno di supplire alla inefficacia di codeste opere contra le alluvioni, ha fatto immaginare le chiuse di scarico, che offrono il modo più vantaggioso e più economico di respingerle al largo e di sgomberarne il canale, e delle quali bentosto terrem discorso.

La facilità delle evoluzioni per la partenza delle navi, esige anche che la gettata ch'è la prima sotto il vento dominante sia più lunga dell'altra. Ed invero egli è essenziale, che un legno il quale esce a rimorchio con vento contrario, possa nel fare la prima bordata evitare l'altra gettata, contro la quale la forza del vento tende a sospingerlo; lo che senza fallo interverrebbe, ove quest'ultima fosse più lunga, o parimenti lunga della prima, sulla quale operasi il rimurchio. Qualora le circostanze di località si oppongono a siffatta disposizione, vi si vuol provvedere mediante casse galleggianti, ancorate al largo.

La figura secondo la quale sogliono stabilirsi le gettate è formata da due linee curve la cui convessità è rivolta dalla banda d'onde vengono le alluvioni; la larghezza del canale, di cui esse sono gli argini, fa mestieri sia tale da permettere il passaggio a tre legni con vele spiegate, curando, allorchè v'ha una chiusa di scarico, di far tale disposizione che ne risulti una sezione di corrente capace di produrre sempre il massimo effetto contro le alluvioni; effetto manifestamente dipendente dall'altezza d'acqua che risulta dalla larghezza del canale, combinata col prodotto dell'efflusso procacciato mediante la chiusa di scarico.

La punta delle gettate si stabilisce di figura semicircolare, ed abbastanza spaziosa perchè vi si possa edificare un piccolo faro, il quale additi ai naviganti nella notte il punto d'ingresso, e per collocarvi qualche pezzo di artiglieria pei segnalamenti.

Egli è manifesto che la figura curvilinea secondo la quale sono disposte le gettate, covre l'interno del porto, e lo protegge contro i venti del largo, la cui direzione allora, qualunque essa sia, non può imbroccare il canale. Siffatta disposizione contribuisce altresì al maggior effetto della corrente di scarico; la quale, giusta le leggi del moto circolare, tendendo a scappare per la tangente, è di continuo portata a radere la faccia concava della gettata, sulla quale, siccome si disse, le deposizioni formate dalle alluvioni che trapassano la punta della diga, vanno ad appoggiarsi: per modo che essa le rincaccia nella direzione appunto, ch'è la più propria a produrre l'effetto che si desidera.

La spessezza delle gettate si fa dipendere ordinariamente dal considerare, che è necessario elleno abbiano in sommità un sufficiente spazio per collocarvi le colonnette d'ormeggio, e per effettuirvi con facilità le operazioni di entrata e di uscita dei bastimenti. Per lo che esse debbono avere 12 piedi, circa quattro metri almeno di larghezza, e l'esperienza dimostra che con siffatta spessezza possono resistere contro l'urto de' fiotti.

La loro altezza vien determinata da quella cui arrivano le più alte maree, le quali fa duopo che in verun caso le sormontino. Nell' interno del canale si è pago di portare la loro sommità all' altezza di circa m. 1,5 al disopra del mare gonfio. Ma la sicurezza delle operazioni che debbonsi fare sulle estremità in tempo di burrasca per soccorrere i navigli che cercano un rifugio, richiede che lo spiazzetto di queste punte si elevi davvantaggio; e per allontanarne quanto è possibile le ondate che le ricovrono ne' tempi burrascosi, si ha l' attenzione di sopprimere verso le sommità la scarpa del paramento, e si stabiliscono i tre o quattro ultimi filari secondo un piano verticale, il quale ha la proprietà di respingere in mare quella parte de' cavalloni, la quale radendo le punte, innalzasi taluna fiata a grandissima altezza.

Ciò non pertanto non sempre vale codesta disposizione delle gettate in linea curva a procacciar la calma dentro il porto; abbenchè l' interno di esso sia sottratto ai venti del largo, pure le onde, quando è agitatissimo il mare, introduconsi nel canale, vi si sostengono alla loro altezza a causa delle gettate, che vietan loro il dilatarsi, e così arrivano nell' interno del porto, cagionandovi talvolta un' agitazione pericolosa pei legni che vi si trovano ancorati. Onde efficacemente opporsi a questo effetto, s' impiegano gli sfioratori (*claires-voies*), che collocansi lateralmente nella lunghezza del canale, e talora anche nell' avanporto.

Questi sfioratori sono tagli praticati nel massiccio delle dighe vicino al sito in dove queste congiungonsi con le rive murate dell' avanporto; e corrispondono a dei piani inclinati assai protratti, collocati dietro di loro; e per istabilire la comunicazione fra la sommità delle dighe e le rive murate, si costruiscono sui tagli dei ponti di legname sostenuti da centine.

La disposizione e la forma di queste opere hanno manifestamente per iscopo di dar facoltà alle onde, che entrando nel canale sono state compresse tra le dighe, di dilatarsi. Questa subitanea dilatazione procacciata ai flutti da quelle aperture, ne scema l'altezza, ed i piani inclinati stabiliti a tergo con ammortire l'ondata, le vietano di cacciarsi dentro il porto. Siffatte opere sono d' invenzione e di costruzione moderna, sono poco costose, e vogliónsi moltiplicare a tenore delle località.

Degli avanporti.

L' avanporto è quella parte del porto d' arrenamento che immediatamente segue le gettate, e che precede i bacini.

Questa porzione del porto suol destinarsi a ricovero di quei legni che comportano l'arrenamento, offrendo un'asilo a' piccoli legni di pesca e di cabottaggio ai quali, perchè pescano poco, non fa mestieri aspettare l' alta marea per entrare ed uscire dal porto. Gli avanporti sono inoltre utilissimi alle navi vegnenti dal largo, affin di facilitar loro i mezzi di ammortire la loro velocità, arrestando l' abbrivo; la qual cosa è indispensabile prima del loro ingresso nei bacini, dove non possono penetrare a vele spiegate senza di gravi inconvenienti. E pertanto necessario che la forma dell' avanporto permetta alle navi, di aggirarsi a vele spiegate e di virare al vento; lo che richiede almeno una larghezza di due gomene per l'avan-

porto. Ove le località si oppongono a siffatta disposizione, bisogna provvedere a quella larghezza prolungando l'avanporto sur uno dei lati in modo da permettere quella manovra. Quella parte del progetto di miglioramenti pel porto dell' Hâvre, la quale si sta eseguendo, e che contiene l'avanporto, porge un esempio di questa disposizione. Taluni porti della Manica offrono nel loro disegno questa medesima utile disposizione, la quale non pertanto, meglio vuolsi ascrivere ad avventurose circostanze di località, che a premeditato divisamento. Dieppe et Fécamp possedono la pregevole prerogativa di permettere ad un naviglio che manovra a vele spiegate di mettere in panno, ed i marini pratici di questi porti riconoscono da lungo tempo i vantaggi di cotal disposizione.

Nel giro delle rive murate dell' avanporto vàn collocati gli scali di sbarco, i cantieri e i carenaggi dei legni che comportano l' arrenamento, non che i bacini per lo racconcio e per lo carenamento de' bastimenti sottili.

Le banchette che sono nel giro del porto e dell' avanporto vogliono essere larghe, affinchè vi si possano eseguire con facilità e con comodo le operazioni dello imbarco e del disbarco. La loro larghezza fa duopo sia in generale sempre relativa all' attività maggiore o minore di commercio di cui è il porto suscettivo. Non si può senza inconveniente dar loro meno di 60 piedi, circa 20 metri, di larghezza. Alti edifizi debbono limitare le banchette, onde formino un riparo contro ai venti.

Egli è del pari nel giro degli avanporti, siccome di già si disse, che van costruiti i bacini per lo racconcio delle navi sottili che non comportano arrenamento. I motivi d' una tal disposizione deduconsi: 1.° dalla necessità, per la salvezza dei legni avariati provenienti dal largo, di collocare quella sorta d' opere il più vicino che sia possibile alla bocca del porto. 2.° Dal vantaggio di sollevare le porte dei bacini dalla pressione dell' acqua durante il basso mare; 3.° infine dal considerare che per siffatta disposizione, le platee discopronsi a ciascun basso mare, e che ciò nelle circostanze, frequenti anzi che no, di racconciamenti, torna giovevolissimo.

Delle chiuse di scarico.

Queste opere sono destinate a rincacciare verso il largo le alluvioni. Si ottiene questo scopo mercè d' una massa acquea che ponesi in serbo dentro un ritegno, ed alla quale in tempo di bassa marea si dà scolo con tutto l' empito risultante dalla velocità dell' efflusso, la quale è dovuta all' altezza dell' acqua trattenuta. Lo sgorgo ha luogo mercè di uno o di più luci di chiuse munite di cateratte di diverse specie, o di porte giranti, che in un subito si aprono per mezzo di artifizi più o meno ingegnosi.

Il sistema più semplice di chiusura si è quello delle cateratte verticali situate fra due gargami o canalature, e che si elevano mercè di argani, o di viti. Ma questo modo non è scevro d' inconvenienti: essi derivano dalla considerevole forza che fa di mestieri per maneggiare le cateratte, le quali, pel fine cui mirano, hanno un ampia superficie, e sopportano una potente carica d' acqua. Per produrre con poche braccia lo sforzo capace d' innalzare la cateratta, fa duopo ricorrere all' u-

so di macchine complicate, ed allora il movimento è lentissimo, e l'effetto della ripulsione, il quale è relativo al volume d'acqua simultaneamente effluente, è quasi che nullo; la cateratta non è interamente aperta che quando le falde superiori dell'acqua della conserva, e che sono del maggior effetto, sono escite; quindi si fallisce lo scopo, a meno che, per evitare gl'inconvenienti del maneggio delle grandi cateratte, non si moltiplichino le luci accrescendo il numero delle chiuse, la qual cosa è pure un inconveniente nel rispetto della spesa.

Il sistema delle cateratte, e delle consuete porte giranti per chiudere le chiuse di scarico vieta l'uso dei ritegni per lo servizio diretto della navigazione, non potendo i legni entrarvi a motivo del ritto battente ch'è collocato verso il mezzo del passaggio. Si è cercato di ovviare a questo inconveniente, adottando un sistema di porte mercè delle quali le chiuse destinate a rincacciare le alluvioni, fossero anche traghettabili dai bastimenti.

In Olanda precipuamente, in dove il bacino di galleggio suol servire anche di conserva, sonosi tentati parecchi sistemi di porte onde conseguire quel duplice scopo. Si sono praticate nelle imposte dei portoni delle portelle giranti le quali apronsi e chiudonsi indipendentemente dai portoni; sonosi costruiti, come a Flessinga, nell'interno della grossezza delle pareti della chiusa di navigazione dei condotti mercè i quali si opera l'efflusso; ma in generale tutti codesti spedienti hanno il grave inconveniente, o di vuotare i bacini, o per lo meno di estrarne una tale quantità d'acqua che fa arrenare le navi che vi erano a galla; e se per iscansare questo spiacevole risultamento non si dà scolo che ad una tenue falda acquea, si annienta in gran parte l'effetto della corrente. In Francia, in dove suolsi aver duopo di potentissime correnti per rincacciare al largo le alluvioni, i ritegni sono indipendenti dai bacini. In questo caso soglionsi adoperare per le chiuse le porte giranti dette *porte accoppiate*, le quali tuttochè sufficientemente adempiano lo scopo propostosi, non sono però affatto scevre d'inconvenienti: dopo la loro invenzione, che devesi al Castin, si apportarono alcuni miglioramenti a questo sistema, ma esso è tuttora suscettivo di ulteriore perfezionamento.

Il giuoco e la manovra delle porte accoppiate è oltremodo semplice. Ciascuna delle due ventole componenti una porta ha un fuso intorno a cui fassi il moto di rotazione: questo ritto o fuso, il quale non è nel mezzo della chiusa, parte la ventola in due porzioni disuguali. Risulta da cotal disposizione, che la pressione dell'acqua esercitantesi sulla maggiore delle due porzioni, allorchè il ritto battente al quale si appoggiano le due ventole sia rivolto da quella parte che permette alla porta di spalancarsi, sollecita e determina le ventole ad aprirsi. Il movimento di tutte le porte giranti delle chiuse di scarico, isolate od accoppiate che sieno, è fondato sul principio dell'ineguaglianza delle superficie sulle quali la pressione dell'acqua si esercita.

I portelli giranti praticati nelle grandi porte ad angolo sono poco solide, poichè per collocarvele si viene ad alterare l'armatura di queste. Questa importante considerazione ha dato luogo a nuove indagini per ricercare e sostituire a queste porte altro esistema di chiuse esente da quell'inconvenieute. Si è in Olanda immaginata ed adoperata una specie di chiuse che ha il vantaggio d'essere in-

sieme chiusa di scarico e di navigazione. Si compone di due pariglie di ventole contrastantisi in senso opposto, le quali, formando alla loro riunione nel piano verticale dell' asse longitudinale della chiusa, degli angoli acuti opposti al vertice, esse si sostengono vicendevolmente. Egli è essenziale di notare, che per lo giuoco di questo sistema è indispensabile, che le porte di flusso collocate all'insù, ricoprano un poco quelle di riflusso situate all' ingiù, affinchè le prime nello aprirsi, trascinino necessariamente le seconde, ed insieme si ritirino nelle rispettive nicchiette.

Il movimento di codeste porte operasi in tempo di riflusso, facendo scolare mercè di cateratte, o di condotti, l'acqua contenuta negli spazi triangolari compresi fra le porte di flusso e di riflusso, la quale era stata mantenuta allo stesso livello di quella del bacino. Secondochè l' acqua si abbassa in quegli spazi, cessa l' equilibrio di pressione, il quale teneva necessariamente chiuso il sistema e le porte di flusso, obbligate a spalancarsi dall' eccesso di pressione esercitantesi sulla loro faccia, rivolta al bacino, dan luogo all'efflusso, il quale si stabilisce successivamente e senza scosse in tutta la larghezza della chiusa.

I vantaggi di questa specie di chiuse sono incontestabili e ne autorizzano l'uso in alcune circostanze.

La corrente delle chiuse di scarico, qualunque essi sieno i modi adoprati per ottenerla, non deve attraversare per quanto è possibile l'avanporto, a motivo de' guasti che potriano risultarne ai legni che vi si trovano in secco. Per tal riflesso giova collocare le chiuse di scarico, sempre che le località lo permettono, verso l' estremità esteriore dell' avanporto nella parte che avvicina il canale.

Gli sperimenti fatti sulla durata dell' efflusso e sull' effetto delle correnti prodotte da alcune conserve, offrono i dati per determinare le dimensioni di quelle che debbonsi costruire. È stato notato che 443,000 metri cubi d' acqua scorrono in due ore per una luce di 12 metri di larghezza, sotto un altezza iniziale di circa 14 a 15 piedi; che questa corrente forma un canale largo 27 metri, con un altezza d' acqua sufficiente a strascinare le alluvioni; laonde adoprando per dimensioni dei ritegni, de' fattori che dieno quei prodotti, si avrà la sicurezza di produrre effetti consimili, o proporzionali a quelli dell' esperienza testè menzionata.

La più vantaggiosa forma de' ritegni nel rispetto della maggior facilità con cui debbono i diversi fili d' acqua pervenire alla luce, dovrebb' essere un semicircolo di cui la chiusa situata sul diametro occuperebbe il centro; ma è raro che le località si prestino a cosiffatta disposizione, e si è pago di approssimarvisi il meglio che sia possibile. In qualunque caso vanno evitate le forme bislunghe. Le conserve sogliono riempire con acqua di mare, e fa duopo non ricevere quelle di fiumi o di ruscelli a motivo delle alluvioni che vi depositano, e dell'impiccio che cagionano in caso di accomodi alla chiusa. D'altronde l' immissione d' un fiume in un ritegno obbliga di aprire le chiuse tutt'i giorni per darvi scolo, sempre che non siasi stabilito uno sfioratore od uno scaricatore; ma in tempo di piena dovendo le chiuse rimaner costantemente aperte, questo servizio forzato spossa le platee e vi cagiona a lungo gioco dei guasti. Per tali osservazio-

ni si fa manifesto, come i fiumi non debban mai esser ricevuti, nè ne'ritegni, nè ne' bacini di galleggio, e ch'è sempre meglio il condurli in mare con un canale segregato ed independente da quelle conserve. Le pareti de' ritegni sono a scarpa, e per lo solito rivestite di pietra.

La costruzione delle chiuse di scarico va soggetta alle medesime regole d' apparecchio, ed alle medesime precauzioni di fondazione prescritte pei sostegni di navigazione; chè anzi, dovendo le prime sopportare l' azione e la percossa d'un volume d'acqua che muovesi con grande velocità, vuolsi aver cura di costruirne il fondo, e la parte inferiore delle fiancate con pietre scelte e della maggior durezza, ond'evitare gli effetti della corrosione, e la rovina di questa sorta d'edifizi.

Tanto all' insu che all' ingiu della platea, ed in continuazione di essa, è indispensabile costruire una soglia, seguita anche da una falsa platea, affin d'evitare presso la base delle chiuse gli sgrottamenti, che sono uno degli effetti inevitabili degli efflussi impetuosi.

La manutenzione delle chiuse, e delle loro soglie e false platee, richiede la più assidua vigilanza. La durata di cotali opere dipende dalla particolare attenzione di osservare continuamente l'effetto degli efflussi, dei quali vuolsi inoltre usare con moderazione e con discernimento.

SUNTO DELLA XXX.ª LEZIONE.

De' Bacini — Rive murate — Delle Rade — Conchiusione.

De' Bacini.

Lo scopo di questi utili stabilimenti, si è di mantener sempre a galla i bastimenti non suscettibili d'arrenamento. La loro comunicazione con l'avanporto ha luogo mediante una chiusa con porte di riflusso: aventi cioè l'angolo della capriata rivolto verso l'interno; taluna fiata, per alcune ragioni di utilità, vi si aggiungono le porte di flusso.

La disposizione delle porte della chiusa, permette all'alta marea di liberamente penetrare nell'interno del bacino, infino a che il suo livello è superiore a quello delle acque rattenute nel bacino; e quando il livello del mare per effetto del riflusso si deprime al disotto di quello delle acque del bacino, le porte chiudonsi da sè stesse ed il bacino rimane pieno.

Affinchè le grosse navi mercantili e le fregate possano traghettare le chiuse, fa duopo che queste abbiano da 13 a 14 metri di larghezza; e circa 17 metri pel passaggio dei vascelli di fila di prim'ordine.

La figura e la disposizione delle chiuse de' bacini con porte ad angolo, sono onninamente le stesse, quanto ai princìpi che debbono determinare le dimensioni e la disposizione delle diverse parti che le compongono, di quelle de' canali di navigazione: ne differiscono soltanto nella larghezza del passaggio, il quale vuol esser rispondente a quella de' bastimenti che debbono entrare nel bacino, e nella grande altezza d'acqua cui le porte debbono soggiacere.

Le maree crescenti da una quadratura ad una sigizia, aprono necessariamente tutt'i giorni le porte del bacino e vi arrecano una certa altezza d'acqua. Nel decrescere delle maree per l'opposto, le porte rimangono chiuse, ed il mare più non entra nel bacino. In questa situazione, ove per bisogno di navigazione sia necessario aprir le porte della chiusa, fa d'uopo sbassare, mercè i portelli di cui son provviste le porte, il livello delle acque del bacino, e adeguarlo con quello delle acque esteriori; il bacino fa allora l'uffizio delle conche dei sostegni, e mediante questa agevolissima manovra, possono le navi entrare nel bacino, ed escirne, in tutte l'epoche di alte maree comprese fra le acque morte e le vive.

E' giova per la sicurtà dei legni, d'impiegare un doppio sistema di porte di riflusso: siffatta disposizione agevola il modo di rimediare agli accidenti che possono talvolta impedire l'uso d'una delle due coppie di porte, e di evitare i gravi inconvenienti che ne conseguiterebbero, pei legni che sono nel bacino.

Lo stabilimento delle porte di flusso è anche giovevole in molte circostanze, e segnatamente in caso di ristauri nel bacino. Egli è per motivi di male avvisata economia, o perchè le località rigettano talvolta questa disposizione, che la più parte delle chiuse de' bacini de' nostri porti nell'Oceano, sono prive di questo duplice sistema di porte.

Lunghesso il giro de' bacini, lasciando delle banchette larghe 20 metri e più se sia possibile, vanno eretti i magazzini, le officine e gli edifizi necessari al commercio: questo è appunto il sito, che ne' porti destinati a marina militare, si riserba alla costruzione delle officine, degli edifizi dell' amministrazione, di tutti gli stabilimenti infine che costituiscono un arsenale di marina militare.

La costruzione delle rive murate e degli scali non offre veruna difficoltà particolare. Sogliónsi costruire di pietre da taglio. Vi si possono con profitto adoprare i laterizi, ed i metodi di costruzione esposti per opere consimili vi sono applicabili. Talvolta, allorchè la pietra ed i laterizi sono rari, ed abbonda il legname, ovvero quando si brami un più sollecito uso, si costruiscono con legname i paramenti delle banchine, le quali sono allora delle steccate, contra le quali vanno le terre ad addossarsi. Questi rivestimenti si compongono di armadure stabilite sopra pali collegati a più altezze; de' dormienti oppongonsi alla spinta delle terre, ed ai pali interposti fra le successive armadure sono applicati dei tavoloni aderenti che sostengono le terre; finalmente un' architrave di grande riquadratura corona l' opera adeguando il livello della banchina. Questo rivestimento va accuratamente calafatato; ma a malgrado di tale precauzione, questa sorta di lavori è di breve durata, e ad onta dell' apparente economia che suole offerire, le rive murate sono mai sempre da anteporsi.

I particolari ne' quali mi sono internato, circa i principi che debbono regolare la formazione de' progetti, e la costruzione di quelle opere il cui insieme costituisce i porti di mare, si riferiscono specialmente ai porti di marea; ma sono in generale applicabili eziandio ai porti costantemente pieni, i quali non diversificano dai primi, in quanto alla struttura delle opere, se non che nei mezzi che adopransi per la loro esecuzione.

Le circostanze delle basse maree, ne' porti di maree, agevolano per molti rispetti i lavori di costruzione in questi porti; la fondazione delle murature in mare suol farvisi mercè di piccole ture che sommergonsi in tempo di alta marea, ma di cui si aggotta il precinto durante la bassa marea, lo che permette di costruire all' asciutto; laddove nel Mediterraneo le fondazioni sogliono eseguirsi mediante scogliere di grossi massi, e senza esaurimenti, e talvolta con bitume versato nel fondo del mare, sia entro casse, sia mercè di altri espedienti analoghi alla natura delle opere ed alle circostanze locali.

Non permettendomi i confini di questo corso d'internarmi in tutte le particolarità delle marittime costruzioni, ho dovuto limitarmi a quelle che parevano le più importanti. Oso sperare che sieno sufficienti per lo scopo propostomi. Il rammarico d'aver dovuto trasandare di molte particolarità, è tanto minore, in quanto che i diversi metodi di costruzione esposti in questo Corso per le differenti opere che ne formano l' obbietto, sono tutti applicabili alla costruzione de' lavori marittimi, modificandoli ed appropriandoli alle grandi difficoltà di esecuzione, che sogliono accompagnare questa sorte di opere.

Delle Rade

Le rade sono un certo spazio di mare, il quale procaccia alle navi vegnenti dal largo, o che vi si raccolgono per una spedizione, il comodo di aspettare il momento propizio per entrare nel porto, ovvero per mettersi alla vela.

Esse sono aperte o forane, chiuse o coverte.

Le rade di Brest e di Tolone sono rade chiuse; la più parte di quelle de' nostri porti, sono rade aperte.

Perchè le rade siano buone, il mare vi dev' essere poco agitato; fa duopo offrano ai bastimenti una sufficiente profondità d' acqua, un sicuro ancoraggio ed un accesso agevole. Fa mestieri sieno protette contra l' inimico da forti eretti sulla costa, ovvero edificati al largo sovra moli, o sovra scogli.

Puossi mercè dell' arte migliorare una rada aperta, ed il progetto della rada di Cherburg ne porge una pruova.

Il successo di questa intrapresa non è più dubbioso; il compimento di sì magnifico progetto, con procacciare al Governo attuale, cui era serbato il terminarlo, i vantaggi di una buona rada e d' uno stabilimento di marina militare nella Manica, lo indennizzerà delle spese che rimangono a fare per conseguire sì bel risultamento.

Conchiusione

Dalla sposizione, senza dubbio rapida troppo, de' principi che mi venne fatto di raccogliere sull' arte delle costruzioni, sulla formazione de' progetti, sulle migliori forme delle varie parti che insieme costituiscono quelle principali opere pubbliche che han formato l' obbietto delle applicazioni di questo Corso, di leggieri si scorge quanto vasto sia l' aringo che apresi ad un' ingegnere, cui si commetta di progettare e di mandare a fine tutte codeste svariate maniere di lavori. L' additare agli allievi, ne' particolari diversi di cui questo Corso si compone, uno scopo di pubblica utilità, è un ricordar loro quanto saggio sia stato lo stabilire una Scuola, la quale destramente dirigendo il loro insegnamento, li renda capaci di applicare le cognizioni che vi acquistano, ad obbietti moltiplici in uno e rilevanti; ed il buon successo che coronerà i loro sforzi, sarà il più dolce guiderdone delle cure, e delle fatiche de' loro institutori.

FINE DE' REASSUNTI.

APPENDICE I.ª

Nel corso di quest' opera si è annunziato che in fine si sarebbero stampate delle tabelle, dinotanti la grossezza ch'è duopo abbiano le testate e le pile de' ponti, perchè possano resistere alla spinta delle volte, e delle quali si avvalgono generalmente nella pratica gl' ingegneri di Ponti e Strade.

Queste tavole sono state calcolate sulla formola del De la Hire, inserita nelle Memorie dell' Accademia delle scienze, anno 1712, e supponendo che il punto di rottura nelle volte di tutto sesto sia alla metà del semiarco cioè a 45.° superiormente al pulvinare, e nelle volte sceme sino al terzo, e formate da tre archi di 60.° ne' punti in cui gli archi riunisconsi, che è il caso più sfavorevole.

Queste due supposizioni si avvicinano molto alla realtà: e le posteriori osservazioni fatte sui movimenti avvenuti nelle arcate durante la loro costruzione, provano che per queste due maniere di volte l' ipotesi è giusta.

Si è inoltre supposto, che la parte superiore della volta, compresa fra i due piani di rottura, agisse come un cuneo, che per effetto del proprio peso scorresse su quei piani e tendesse a rovesciare da ciascuna banda la parte sottoposta della volta, che supponesi formare un sol tutto col rispettivo piedritto, facendola girare intorno allo spigolo esterno. Le masse agenti e resistenti si sono inoltre considerate come formate d' un sol pezzo, e non si è tenuto couto dell' attrito che in quest'ipotesi ha luogo fra i piani di rottura, nè della resistenza derivante dall' aderenza delle malte.

La formola che serve di base a queste tabelle è fondata sull' equilibrio che deve esistere fra le parti agenti e le resistenti della volta. Delle considerazioni semplicissime circa il modo di agire di codeste masse, rispetto alle direzioni secondo le quali a vicenda si equilibrano, ed alla situazione del loro centro di gravità, menano ad una facile equazione di secondo grado, per la quale si determina la grossezza da darsi alla testata, perchè si abbia l' equilibrio del sistema.

Ma fa duopo convenire, che il modo nel quale si suppone avvenire in questa soluzione il movimento della volta, non è conforme a ciò che dagli sperimenti instituiti dal Boistard si desume, circa il fenomeno che in queste circostanze ha luogo.

Costui in una dotta Memoria depositata nella Scuola de' Ponti e Strade, che fu di poi pubblicata, prova incontestabilmente, mercè de' suddetti sperimenti, i cui effetti furono diligentemente e con sagacità osservati, che la parte superiore della volta invece di scorrere d' un sol pezzo fra i piani di rottura, si divide in due alla chiave; le altre due porzioni della volta sono spinte all' infuori come nel primo caso e sollecitate a girare intorno allo spigolo esterno del pulvinare. Egli è manifesto che in questo fenomeno i piani di rottura non scor-

rono gli uni sugli altri, perciocchè ciascuna porzione della volta tende a girare su quegli spigoli nei quali i muri si stringono in conseguenza di questo movimento: cioè all' estradosso della volta per le rotture alla chiave ed alle imposte, ed al intradosso per quelle ai reni.

Da codesti sperimenti, ripetuti per varie specie di volte, e sempre seguiti da uniformi resultati per le volte simili, ricavò il Boistard un saggio di teorica sull' equilibrio delle volte, basato sui fenomeni di rottura da lui osservati, senza però fare applicazione della formola alla quale ei fu condotto.

Nel *Trattato della costruzione dei ponti* del Gauthey, che è la più soddisfacente e compiuta opera che ai dì nostri si abbia in questa parte dell' arte dell' ingegnere, si trova un cenno dei tentativi fatti dai dotti e dagli ingegneri che prima del Boistard si occuparono della statica delle volte, e nel quale fa osservare l' inesattezza delle considerazioni che la più parte di loro introdussero, nelle varie soluzioni che diedero di questo problema (1).

Il Gauthey, ammettendo i fenomeni di rottura risulanti dagli sperimenti del Boistard, stabilisce anch' egli una teorica sull' equilibrio delle volte, non però molto diversa da quella di questo ingegnere. Suppone in prima dati di posizione, mediante gli sperimenti, i punti di rottura; indi volendoli determinare in seguito della considerazione che il momento della forza che tende a rovesciare le parti sottoposte della volta sia un *maximum* rispetto al momento di resistenza, egli trova il valore dell' arco inferiore della volta corrispondente al *maximum* che resulta dall' espressione dell' equazione di equilibrio.

Come che sia semplicissima questa equazione, osserva il Gauthey esserne presso che impraticabile la calcolazione a cagione delle quantità trascendentali introdottevi dalla natura del circolo. Propone quindi in sua vece un metodo indiretto, in cui si opera a tastone, e supponendo i punti di rottura dati dalle sperienze: raccomanda infine di prescegliere fra i resultati, quello che dà la maggior grossezza.

Egli offre anche un prospetto contenente i risultamenti di questo calcolo, applicato alle volte di uso più comune. Suppone la corda di 20 metri, i pulvinari impostati sulla fondazione, la spessezza in chiave di un metro e l' estradosso della volta disposto in un piano orizzontale.

---

(1) Il Navier, giovine ingegnere di Ponti e Strade, di preclaro merito e nipote del Gauthey, mise in luce nel 1816, dopo la pubblicazione della 1.ª edizione di questo Corso di costruzione, il terzo volume delle opere dello zio, relativo ai canali di navigazione. Questo, del pari che i due precedenti, è arricchito di note importantissime nelle quali quest' ingegnere ha adoperato con eguale sagacità e successo l'analisi più dotta per risolvere la più parte delle quistioni contenute nell' opera; la quale, mercè di queste note, costituisce il trattato più compiuto che si abbia sull' arte delle costruzioni.

Qualità delle volte	grossezza delle pile	situazione dei punti di rottura
	metri	*gradi*
Volte di tutto sesto.	0,45	30
Volte sceme sino al terzo	0,66	50
Volte sceme sino al quarto	0,82	60

Le grossezze che questo prospetto somministra per le pile, sono manifestamente troppo deboli, e minori di quelle di cui in pratica si fa uso; l'autore stesso ne conviene, ed aggiugne che esse offrono una di quelle apparenti contraddizioni fra la teorica e la pratica, di cui nelle arti s'incontrano frequenti esempi.

Egli dice inoltre che fa duopo aumentare d'una certa quantità le grossezze trovate, perchè possano corrispondere ai bisogni della solidità; ma osserva nello stesso tempo non esser facile il determinare questo aumento, il quale daltronde dipende dalla natura dei materiali, dalla maniera di struttura che si adotta, e dalla maggiore o minore consistenza del suolo sul quale posa la fondazione.

Lo stesso Gauthey in una seconda ipotesi stabilisce che le pile, in luogo di rotare intorno al loro spigolo esterno, e cedendo allo sforzo delle parti superiori della volta, soffrano una disgiunzione orizzontale, e che la massa superiore scorra sull'inferiore. Egli è palese che in questa supposizione l'aderenza delle malte e l'attrito forman parte della resistenza, e che però debbono essere introdotte nell'equazione.

Considerando l'equilibrio sotto questo nuovo aspetto l'autore ottiene delle grossezze un po' maggiori di quelle somministrate dalla prima ipotesi: i risultamenti dei calcoli, tanto per le grossezze, che per la situazione dei punti di rottura, ritenendo gli stessi dati e le medesime circostanze del caso precedente, sono registrati nella seguente tabella.

Nei suoi calcoli, egli si avvalse dei risultamenti delle sperienze del Boistard sull'aderenza delle malte, e sul modo di valutare l'attrito che ha luogo in questa congiuntura.

Qualità delle volte	grossezza delle pile	situazione dei punti di rottura
	metri	*gradi*
Volte di tutto sesto.	1,32	15
Volte sceme sino al terzo	1,62	35
Volte sceme sino al quarto.	2,24	45

Codesti sperimenti si leggono nella precitata Memoria del Boistard.

Ma il Gauthey osserva, intorno alle dimensioni di grossezza risultanti da questo prospetto, che elleno sono molto inferiori di quelle che l'uso sembra aver consacrate, e che sono dai costruttori generalmente adottate.

Sono questi i risultamenti delle più recenti investigazioni sulla teorica dell'equilibrio delle volte e sulla sua applicazione alla costruzione dei ponti; essi per la tenuità di spessezza che prescrivono alle pilè, sono assai lungi dall'assicurare la solidità, qualunque siasi l'ipotesi del modo di rovesciamento che si ammette.

Nella più parte de' ponti edificati dagli antichi, si osserva che la grossezza data da loro alle pile, è ordinariamente fra il quarto e la metà della corda: la qual dimensione è evidentemente soverchia. Dai moderni essa è stata ridotta fra il quinto ed il sesto, e nella maggior parte dei ponti a semiovali costruiti dagl' ingegneri di Ponti e Strade, essa è stata ricavata dalle tabelle della Scuola, che la fan variare a seconda dell'altezza de' piedritti e della caricia cui le volte soggiacciono. La solidità e la bellezza d'insieme di queste ultime opere, costituiscono una disposizione favorevole per queste tabelle, ed a malgrado che, siccome dianzi è detto, la formola che loro servì di base non sia fondata su principi rigorosamente veri, non esitiamo a proporle con la fiducia che sembran meritare, e che il buon successo delle costruzioni alle quali han servito, pienamente giustifica.

La prima delle tre tabelle serve per le arcate di tutto sesto, e la seconda per quelle depresse sino al terzo, e formate di tre archi di 60°.

La prima colonna di questa tavola contiene i diametri delle arcate e la seconda le altezze de' piedritti.

Per altezza de' piedritti devesi intendere la distanza fra l'imposta e la base della fondazione.

La terza colonna somministra la grossezza in chiave delle volte, la quale è ricavata dalla formula che nel corso di quest' Opera abbiamo accennata.

La quarta porge la spessezza delle pile e delle testate nel caso dell' equilibrio.

Si è supposto che le incosciature sieno riempite di muratura sino al livello dell' estradosso della chiave, e che non graviti sulla volta nè terra nè selciato.

Non si è tenuto conto delle riseghe che praticansi per l' ordinario alle pile ed alle testate, e però non sarà duopo di molto aumentare la grossezza data dalle tabelle, per superare lo stato di equilibrio. E nel fatto le sole riseghe sono sufficienti per le piccole arcate, purchè se ne faccian due, ciascuna di due pollici, come suol praticarsi. Per le arcate di mediocre ampiezza, come quelle di 36 piedi di corda, basterà aggiugnere 6 pollici alla grossezza trovata.

Per le grandi arcate poi, l'aumento dovrà essere d' un piede o di diciotto pollici.

Le riseghe, e le stabilite quantità, aggiunte alle grossezze trovate, porteranno le resistenze molto al di sopra del mero equilibrio.

La quinta colonna contiene la spessezza delle pile e delle testate supponendo 15 pollici di pavimento al di sopra delle chiavi, e che la pendenza trasversale di esso sia di 18 linee per tesa. Questa colonna è riempiuta soltanto per le arcate del diametro di 2 sino a 26 tese, e di quattro in quattro tese: lo che è sufficiente; perocchè sarà facile determinare la quantità da aggiugnere alle spessezze della prima colonna per aver quelle delle arcate gravate di pavimento, paragonandole con quelle per le quali il calcolo trovasi eseguito.

La seconda tabella per le volte sceme è affatto simile a quella delle volte di tutto sesto; se non che, trovansi in essa due colonne di più, una pel piccolo raggio e l'altra pel grande.

N. B. *Non si sono queste antiche tabelle convertite nelle nuove misure, perciocchè dovendo le corde essere espresse in numeri rotondi, sarebbe stato mestieri rifare tutt' i calcoli per serbare tale proprietà alle novelle tabelle.*

TABELLA PRIMA

Per le arcate di tutto sesto.

Diametro delle arcate		Altezza dei piedritti		Grossezza in chiave delle volte			Grossezza delle pile e delle testate allorchè le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.			Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. per tesa.		
Tese	*pie.*	*Piedi*	*pol.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*
		3	»				1	5	5			
0	3	4	6	1	1	3	1	7	6			
		6	»				1	8	9			
		3	»				1	10	6			
»	»	4	6	1	2	6	2	»	4			
		6	»				2	3	4			
		3	»				2	1	2			
1	3	6	»	1	3	9	2	7	»			
		9	»				2	11	2			
		0	»				1	4	7			
		3	»				2	4	9	2	8	3
		6	»				2	11	9	3	4	8
		9	»				3	4	5	2	10	6
2	»	12	»	1	5	»	3	7	8			
		15	»				3	10	»			
		18	»				3	11	11			
		21	»				4	1	4			
		24	»				4	2	7			
		6	»				3	7	10			
3	»	9	»	1	7	6	4	1	9			
		12	»				4	6	1			
		6	»				4	3	1			
4	»	9	»	1	10	»	4	9	5			
		12	»				5	3	3			
		6	»				4	10	1 1/2			
5	»	9	»	2	0	6	5	5	7			
		12	»				5	11	9			

Per le arcate di tutto sesto.

Diametro delle arcate		Altezza dei piedritti		Grossezza in chiave delle volte			Grossezza delle pile e delle testate allorchè le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.			Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l.p. tesa.		
Tese	*pie.*	*Piedi*	*pol.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*
6	»	6	»	2	3	»	5	4	10	5	9	11
		9	»				6	1	»	6	6	9
		12	»				6	7	8	7	2	1
7	»	3	»	2	5	6	4	»	8			
		6	»				5	11	5			
		9	»				6	8	»			
		12	»				8	3	3			
8	»	6	»	2	8	»	6	6	»			
		9	»				7	2	10			
		12	»				7	10	7			
		15	»				8	5	2			
9	»	6	»	2	10	6	7	»	4			
		9	»				7	9	7			
		12	»				8	5	8			
		15	»				9	»	9			
10	»	6	»	3	1	»	7	6	8	7	11	4
		9	»				7	4	3	8	9	3
		12	»				9	»	7	9	6	1
		15	»				9	8	1	10	1	11
11	»	6	»	3	3	6	8	1	»			
		9	»				8	10	10			
		12	»				9	7	6			
		15	»				10	3	2			
		18	»				10	10	2			
12	»	6	»	3	6	»	8	7	4			
		9	»				9	5	4			
		12	»				10	2	2			
		15	»				10	10	2			
		18	»				11	5	6			

Per le arcate di tutto sesto.

Diametro delle arcate		Altezza dei piedritti		Grossezza in chiave delle volte			Grossezza delle pile e delle testate allorchè le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.			Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. p. tesa.		
Tese	*pie.*	*Piedi*	*pol.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*
		6	»				9	1	10			
		9	»				9	11	9			
13	»	12	»	3	8	6	10	9	»			
		15	»				11	5	3			
		18	»				12	»	10			
		9	»				10	5	11	10	10	4
		12	»				11	3	7	11	7	11
14	»	15	»	3	11	»	12	»	1	12	4	8
		18	»				12	7	11	13	»	8
		21	»				13	3	1	13	8	1
		9	»				11	2	4			
		12	»				11	11	6			
15	»	15	»	4	1	6	12	8	1			
		18	»				13	4	»			
		21	»				13	11	4			
		9	»				11	7	»			
		12	»				12	4	8			
16	»	15	»	4	4	»	13	1	7			
		18	»				13	9	9			
		21	»				14	5	4			
		9	»				12	1	5			
		12	»				12	11	2			
17	»	15	»	4	6	6	13	7	3			
		18	»				14	4	7			
		21	»				15	»	5			
		9	»				12	7	8	12	10	11
		12	»				13	5	8	13	9	»
18	»	15	»	4	9	»	14	2	10	14	6	4
		18	»				14	11	4	15	3	1
		21	»				15	7	5	15	11	3

Per le arcate di tutto sesto.

Diametro delle arcate		Altezza dei piedritti		Grossezza in chiave delle volte			Grossezza delle pile e delle testate allorchè le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.			Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. p. tesa.		
Tese	*pie.*	*Piedi*	*pol.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*
		9	»				13	2	»			
		12	»				14	»	1			
19	»	15	»	4	11	6	14	9	5			
		18	»				15	6	2			
		21	»				16	2	3			
		9	»				13	8	4			
		12	»				14	6	5			
20	»	15	»	5	2	»	15	4	»			
		18	»				16	»	10			
		21	»				16	9	2			
		9	»				14	2	8			
		12	»				15	»	10			
21	»	15	»	5	4	6	15	10	6			
		18	»				16	7	5			
		21	»				17	3	11			
		9	»				14	8	11	14	11	2
		12	»				15	7	3	15	9	7
22	»	15	»	5	7	»	16	4	11	16	7	5
		18	»				17	2	1	17	4	8
		21	»				17	10	8	18	1	5
		9	»				15	3	2			
		12	»				16	1	7			
23	»	15	»	5	9	6	16	11	4			
		18	»				17	3	8			
		21	»				18	5	5			
		9	»				15	9	6			
		12	»				16	7	9			
24	»	15	»	6	»	»	17	5	6			
		18	»				18	2	11			
		21	»				18	11	8			

Per le arcate di tutto sesto.

Diametro delle arcate		Altezza dei piedritti		Grossezza in chiave delle volte			Grossezza delle pile e delle testate allorchè le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.			Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. p. tesa.		
Tese	*pie.*	*P.*	*p.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*	*P.*	*p.*	*l.*
25	»	9	»	6	2	6	16	3	8			
		12	»				17	2	3			
		15	»				18	»	3			
		18	»				18	9	8			
		21	»				19	6	8			
26	»	9	»	6	5	»	16	10	1	16	11	3
		12	»				17	8	8	17	10	»
		15	»				18	6	9	18	8	2
		18	»				19	4	4	19	5	9
		21	»				21	1	5	20	2	11
27	»	9	»	6	7	6	17	4	2			
		12	»				18	2	11			
		15	»				19	1	1			
		18	»				19	10	8			
		21	»				29	7	11			
28	»	0	»	6	10	»	14	10	7			
		3	»				15	11	2			
		6	»				16	11	2			
		9	»				17	10	5			
		12	»				18	9	3			
		15	»				19	7	4			
		18	»				20	5	2			
		21	»				21	2	5			
		24	»				21	11	4			

TABELLA SECONDA

Per gli archi scemi fino al terzo.

Diametro delle arcate	Altezza de' piedritti	Raggio minore	Raggio maggiore	Grossezza in chiave delle volte	Grossezza delle pile e delle testate quando le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.	Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. per tesa.
T.p.	*P. p.*	*P.p.* l.	*P. p. l.*	*P.p.l.*	*P. p. l*	*P. p. l.*
» 3	3 » 4 6 6 1	» 9 9 2/3	2 2 2 1/3	1 1 9	1 6 6 1 8 4 1 9 5	
1 »	3 » 4 6 6 »	» 7 7 1/3	4 4 4 2/3	1 3 »	2 3 5 2 6 9 2 9 1	
1 3	3 » 6 » 9 »	2 4 11	6 7 1	1 5 6	2 8 2 3 3 4 3 7 3	
2 »	0 » 3 » 6 » 9 » 12 » 15 » 18 » 21 » 24 »	3 3 2 1/2	8 8 9 1/2	1 7 4	1 8 10 3 2 4 3 11 3 4 4 7 4 8 1 4 10 9 5 0 7 5 2 1 5 3 3	3 9 2 4 8 8 5 3 11
3 »	6 » 9 » 12 »	4 10 10	13 1 2	1 10 10	4 10 3 5 5 5 5 10 6	
3 3	6 »	5 8 7	15 3 4	2 » 8	5 5 4	
4 »	6 » 9 » 12 »	6 6 5	17 5 7	2 2 7	5 8 5 6 5 » 6 11 5	
5 »	6 » 9 » 12 »	8 2 » 1/2	21 9 11 1/2	2 6 »	6 5 9 7 3 7 7 11 2	

Per gli archi scemi fino al terzo.

Diametro degli archi	Altezza dei piedritti	Raggio minore	Raggio maggiore	Grossezza in chiave delle volte	Grossezza delle pile e delle testate quando le incosciature sono riempite sino al livello dell'estradosso della chiave.	Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. p. tesa.
T.p.	*P. p.*	*P. p. l.*	*P. p. l.*	*P. p. l.*	*P. p. l.*	*P. p. l.*
	6 »				12 1 8	
	9 1				13 4 4	
13 »	12 »	21 2 11	56 9 1	4 11 6	14 5 »	
	15 »				15 4 4	
	18 »				16 2 3	
	9 »				14 1 »	14 9 1
	12 »				15 2 3	15 10 10
14 »	15 »	22 10 6	61 1 6	5 3 »	16 1 10	16 11 »
	18 »				17 » 3	17 9 11
	21 »				17 9 7	18 7 9
	9 »				14 9 4	
	12 »				15 11 8	
15 »	15 »	24 6 1 1/3	65 5 10 2/3	5 6 9	16 10 9	
	18 »				17 9 8	
	21 »				18 7 4	
	9 »				15 5 2	
	12 »				16 7 »	
16 »	15 »	26 1 8 2/3	69 10 3 1/3	5 10 »	17 7 3	
	18 »				18 6 5	
	21 »				19 4 6	
	9 »				16 1 8	
	12 1				17 3 8	
17 »	15 »	27 9 4	74 2 8	6 1 10	18 4 5	
	18 »				19 3 10	
	21 »				20 2 4	
	9 »				17 9 10	17 4 11
	12 »				18 » 2	18 7 8
18 »	15 »	29 4 11 1/4	78 7 » 3/4	6 5 5	19 1 1	19 9 1
	18 »				20 » 11	20 9 4
	21 »				20 11 8	21 8 5

Per gli archi scemi fino al terzo.

Diametro delle arcate	Altezza de' piedritti	Raggio minore	Raggio maggiore	Grossezza in chiave delle volte	Grossezza delle pile e delle testate quando le incosciature sono riempiute sino al livello dell' estradosso della chiave.	Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. per tesa.
T. p.	P. p.	P. p. l.	P. p. l.	P. p. l.	P. p. l.	P. p. l.
	9 »				17 6 2	
	12 »				18 8 8	
19 »	15 »	31 » 7	82 11 5	6 9 2	19 10 »	
	18 »				20 10 2	
	21 »				21 9 1	
	9 »				18 2 2	
	12 »				19 4 11	
20 »	15 »	32 8 2	87 3 10	7 » 6	20 6 4	
	18 »				21 6 9	
	21 »				22 6 1	
	9 »				18 10 5	
	12 »				20 1 5	
21 »	15 »	34 3 9 1/3	91 8 2 2/3	7 4 4	21 3 1	
	18 »				22 3 9	
	21 »				23 3 5	
	9 »				19 6 7	20 » »
	12 »				20 9 10	21 4 6
22 »	15 »	35 11 4 1/2	96 » 7 1/2	7 8 »	21 11 8	22 6 9
	18 »				23 » 6	23 7 11
	21 »				24 » 5	23 8 2
	9 »				20 2 8	
	12 »				21 6 »	
23 »	15 »	37 6 11 1/2	100 5 » 1/3	7 11 6	22 8 1	
	18 »				23 9 2	
	21 »				24 9 4	
	9 »				20 10 11	
	12 »				22 2 4	
24 »	15 »	39 2 7 1/4	104 9 4 3/4	8 3 4	23 4 9	
	18 »				24 6 »	
	21 »				25 6 4	

Per gli archi scemi fino al terzo.

Diametro degli archi	Altezza dei piedritti	Raggio minore	Raggio maggiore	Grossezza in chiave delle volte	Grossezza delle pile e delle testate quando le incosciature sono riempiute sino al livello dell'estradosso della chiave.	Grossezza delle pile e delle testate quando la volta è gravata dal peso di 15 pol. di selciato colla pendenza di 18 l. p. tesa.
T. p.	P. p.	P. p. l.	P. p. l.	P. p. l.	P. p. l.	P. l. p.
	9 »				21 6 11	
	12 »				22 10 6	
25 »	15 »	40 10 2 1/3	109 1 9 2/3	8 7 »	24 1 »	
	18 »				25 2 6	
	21 »				26 3 1	
	9 »				22 3 »	22 8 7
	12 »				23 6 9	24 » 8
26 »	15 »	42 5 9 2/3	113 6 2 1/3	8 10 6	24 9 5	25 5 7
	18 »				25 11 1	26 3 6
	21 »				26 11 1	27 6 6
	9 »				22 11 3	
	12 »				24 3 1	
	15 »	44 1 5	117 10 7	9 2 4	25 5 11	
27 »	18 »				26 7 10	
	21 »				27 8 9	
	0 »				18 11 8	
	3 »				20 7 6	
	6 »				22 1 11	
	9 »				23 7 1	
28 »	12 »	45 9 » 1/4	122 2 11 3/4	9 5 9	24 11 1	
	15 »				26 2 1	
	18 »				27 4 1	
	21 »				28 5 3	
	24 »					
					15 5 7	
29 »	12 »	47 4 8	126 7 4	9 9 »	25 6 10	
30 »	12 »	49 » 3	130 11 9	10 » »	26 2 9	
35 »	12 »	57 2 4	152 9 8	11 6 »	29 7 3	
40 »	12 »	65 4 4	174 7 8	13 » »	32 11 5	
45 »	12 »	73 6 5	196 5 7	14 » »	35 11 4	
50 »	12 »	81 8 5	218 3 7	15 » »	38 11 3	

APPENDICE II.ª

Metodo pratico per risolvere, senza calcolo, i principali problemi relativi alla forma ed alle dimensioni dei muri di rivestimento.

(Estratto dall' opera di Prony intitolata *Ricerche sulla spinta delle terre ec. Parigi 1802*).

Pratica di questo metodo

Tavola X. Costruisci il rettangolo A B C D tale, che dividendo A D in 100 parti uguali, A B contenga 55 di tali parti. Prendi A E uguale a 30 ed A F uguale a 45 delle medesime parti.

Dividi la A E, che io chiamo *linea delle inclinazioni de' muri* in 60 parti; e la F B che chiamo *linea delle gravità specifiche*, in 30 parti; e dai punti di divsione mena delle rette al punto D.

Numera da 1 a 30 le divisioni di A E, abbracciando con un numero due divisioni (1); e similmente le divisioni di F B, segnando col numero 60 il punto F, e co' numeri 61, 62, ec. i seguenti, fino al punto B, cui toccherà il numero 90.

La figura, in questo stato, può servire a segnare i profili di que' muri destinati a sostenere delle terre suscettibili di aumento di volume, o di disciogliersi estremamente; ed ho di già altrove fatto notare, esser conveniente in molti casi pratici usuali di ritenere questa ipotesi, onde tutto sacrificare alla solidità. Ma quando siasi ben certo, che veruna possibile mutazione di stato delle terre, possa far variare la loro naturale inclinazione, oltre un dato limite, allora le grossezze potranno venir ridotte, mediante una regola la cui pratica è fondata sulla seguente grafica costruzione.

Prendi T C uguale ad F B, e la dividi anche in 30 parti uguali. Descrivi degli archi concentrici terminati fra le linee D C e D A che abbiano per comun centro il punto D, ed i cui raggi abbiano i loro estremi ne' semplici punti di divisione della T C. Segninsi sull' arco C H le divisioni de' suoi gradi, (ciascun de' quali secondo il nuovo sistema metrico è $\frac{1}{400}$ della circonferenza) e nell' angolo B D C congiungasi il punto D co' punti di divisione dell' arco H' C, e si prolunghino le congiungenti sino ad incontrare la B C. Si noti che i prolunga-

---

(1) Questa prescrizione di divisione è relativa ad una figura in grande che il Prony fece incidere. Nella fig. 3. dell' ultima tavola, che appartiene a quest' Appendice le divisioni sono segnate per tutt' i numeri fino a 30, e sono numerizzate di cinque in cinque.

menti contenuti nel quadrilatero BH' n N B, servendo soltanto alla costruzione, basterà che sieno semplicemente segnati con la matita.

Si numerizzeranno i gradi dell' arco interno K T, segnando con lo zero il punto T, e scrivendo a fianco di ciascun grado, il numero delle centesime e miltesime parti della C B comprese fra il punto C ed il prolungamento del raggio che passa pel punto di divisione del grado stesso.

Se si fa A D di un mezzo metro, lo che basta per l' esattezza, ogni centesima parte di D C sarà di 2 millimetri $\frac{3}{4}$, e con una scala divisa con le *trasversali* facilmente si avranno i millesimi di D C. Però i numeri da apporsi sull'arco T K si valuteranno benissimo col compasso (1).

Finalmente dal punto N, estremo della D N che fa con D C un angolo semiretto, verso C si scriveranno sulla N C i numeri corrispondenti a punti d'incontro di questa retta co' prolungamenti de' raggi dell' arco C n. Questi numeri saranno quelli stessi scritti sulle divisioni dell' arco C n ma presi di due in due; di tal che, essendo questi ultimi o, 16, 31, 47, 63, 79, 95, 110, 126, 142, 158, ec. (nell' ipotesi che l' arco K T sia diviso in parti uguali), i numeri segnati sulle divisioni di N C, cominciando dal punto N, saranno: o, 31, 63, 126, 158, ec. Tali sono i numeri notati sulle divisioni di N C nella costruzione in grande; ma nella figura che corrisponde a quest'Appendice, le divisioni non essendo numerizzate che di cinque in cinque, le prime cifre al disotto del punto N sono 158, 325, ec.

Siccome tutta la precedente costruzione, non somministra finora che dei rapporti, per avere delle lunghezze assolute si meneranno da ciascuna banda della figura sei linee uguali e parallelle ad A D: una di cotali linee sarà una scala di 25 metri, e le cinque altre delle scale di 20, 15, 10, 5 e 2 metri. In ciascuna operazione si sceglierà, fra le scale che contengono sufficiente numero di metri perchè l' altezza del muro possa esservi presa, quella che si vorrà; ma, una volta adottata, non si dovrà cangiarla in tutto il corso dell' operazione.

Nelle divisioni delle linee F B e T C sono compresi i rapporti de' pesi specifici delle terre alla muratura da $\frac{60}{100}$ ovvero $\frac{3}{5}$, sino a $\frac{90}{100}$ ovvero $\frac{9}{10}$. Se esistono casi che obblighino a varcare questi limiti, ei debbono essere rarissimi; ma pur presentandosene, o volendo applicar la formula a de'casi ipotetici, basterà continuare le divisioni di F B, sia da una parte sia dall' altra, e mettere alle nuove divisioni i numeri che loro corrisponderebbero relativamente a quelli

(1) Questa valutazione non serve per altro che per g'i artefici i quali non hanno veruna cognizione teorica, nè di geometria, nè di calcolo: gl'ingegneri s'avvedranno tosto, che i numeri di cui si tratta, sono le tangenti tabulari degli angoli numerizzati sull'arco T K. I logaritmi di queste tangenti, rapportate alla nuova divisione decimale del quarto di cerchio, si trovano nelle Tavole di *Callet* ed in quelle di *Borda*; nelle eccellenti Tavole poi pubblicate a Berlino da Hobert ed Ideler, le si hanno immediatamente in numeri naturali.

esistenti fra F e B. Si opererebbe su questi nuovi numeri, o minori di 60, o maggiori di 90, nel modo stesso che per quelli compresi fra 60 e 90; ed i resultati applicabili dal 40 o dal 50 fino al 130, avrebbero tutta l'esattezza necessaria nella pratica.

Giova costruire la figura, ovvero *formola grafica*, di sopra descritta, su di un cartone forte e liscio, affinchè abbia più lunga durata; ed ecco come la si userà per supplire alle formule analitiche, nel determinare le dimensioni dei muri di rivestimento.

Supponghiamo che si voglia costruire un muro alto 13 metri, con una inclinazione da una sola banda di 8 centimetri per un metro d'altezza, per sostegno di terre, un metro cubo delle quali pesi $\frac{77}{100}$ del peso d'un pari volume di muratura, e che essendo state recentemente smosse, si dispongono in un pendio la cui altezza sia il $\frac{44}{100}$ della base.

Prendo sulla scala di 15 metri una lunghezza Dh rappresentante 13 metri, e segno leggermente con la matita una linea hk parallella a C D; la porzione $e''f'$ compresa fra D e, che corrisponde alla scarpa 8 nelle divisioni di A E, e Df corrispondente al numero 77 su di F B, sarà la grossezza del muro in cima; ed abbassando quindi la f' G perpendicolare su di D C, il trapezio D$e''f'$G sarà la sezione trasversale del muro che vuolsi costruire.

Se il muro dovesse avere da ciascuna banda l'inclinazione di 8 centimetri, dopo aver menata la retta hk, si avrebbe per la spessezza del muro in cima, la linea $e'''f'$, di cui il punto e''' si trova sulla D e', che corrisponde al numero 8 più $\frac{1}{2}$ di 8, cioè al numero 12 delle divisioni di AE. Per questo punto e''' si menerebbe $e'''d$ parallella ad e''D, che termina al numero 8 delle divisioni di A E, e portando allora he'' da G verso d', il trapezio $d'e'''f'd'$ sarà il profilo trasversale del muro da costruirsi.

In generale, l'estremità posteriore della linea superiore del profilo prendesi sulla linea Df, che corriponde al rapporto dei pesi specifici; quanto all'estremità anteriore, se non vi ha che una sola scarpa, ella prendesi su d'una linea De che corrisponde alla cifra di questa scarpa sulle divisioni di A E; se ci ha due scarpe uguali, ella prendesi su d'una linea De', rispondente ad una volta e mezzo la cifra della scarpa, sulle stesse divisioni di A E, alle intersezioni di queste rette e di hk.

Suppongasi ora che si voglian dare al muro due inclinazioni disuguali, l'una esterna di 12 centimetri, e l'altra interna di 6 centimetri. Si avrà sempre l'estremità posteriore del profilo in f', sulla linea Df rispondente al rapporto $\frac{77}{100}$ delle gravità specifiche. Per aver poi l'estremo anteriore di questa linea, si prenderà su di hk il punto e'''', rispondente alla cifra 12 più $\frac{1}{2}$ di 6, cioè alla cifra 15 delle divisioni di A E. Si avrà così la grossezza $e''''f'$ in cima: e me-

diante le inclinazioni date, che si prenderanno col compasso dal punto h fino alle linee corrispondenti a queste inclinazioni fra h ed e'''' si costruirà il profilo del muro. La sola cosa che vuolsi ricordare si è, che l'estremità anteriore e'''' trovasi all'intersezione di $h\,k$ con quella linea d'inclinazione la cui cifra pareggia il numero de' centimetri esprimente l'inclinazione esterna, più la metà di quella ch' esprime l'inclinazione interna; il punto f' determinandosi come sopra.

Queste costruzioni come già si è detto, sono applicabili a molti casi pratici; perciocche, supponendo il muro fondato e costrutto secondo tutte le regole dell'arte, esse danno delle dimensioni che si possono con sicurezza impiegare. Chè, se poi vogliónsi conoscere le riduzioni di spessezza dipendenti dalle considerazioni fisiche delle quali dianzi si è parlato, si opera nel seguente modo.

Per quella divisione di T C che corrisponde al rapporto delle gravità specifiche, si meni una parallella a C B; indi si segna altra linea che dal punto D vada a quella divisione di N C, annotata col numero dei millesimi della base della scarpa contenuti nella sua altezza; il quale numero, o è dato immediatamente, o deducesi dall'angolo formato dalla linea dell'inclinazione naturale delle terre con l'orizzontale (cercando il valor graduale di tal angolo, sia sul quadrante circolare T K, sia nella Tabella seconda, in fine di questa Memoria, si troverà, allato di quel valore, il numero indicante quanti millesimi della base sono contenuti nell'altezza della scarpa); cotali due linee sono g Q e D X nel nostro esempio, le quali s'incontrano in Q: trasportisi g Q su di A B da A verso q e si meni q D; il punto f' nel quale essa incontrerà la hk, sarà l'estremo interno della linea superiore della sezione del muro; l'estremo esterno di tal linea si determinerà come sopra.

Se si vogliono le grossezze date dall'equazione (21) (1) e sue derivate, si meni D R dal centro D al punto di divisione del quadrante C H, corrispondente all'angolo formato dalla inclinazione della scarpa con l'orizzontale, ovvero al numero che sul quadrante T K dinota quanti millesimi della base sono contenuti nell'altezza della scarpa; dall'intersezione x di cotal raggio, con quella delle circonferenze concentriche la quale termina su di T C al numero che rappresenta il rapporto delle gravità specifiche, si abbassi una perpendicolare $x\,r$ su di D C; la di-

---

(1) Questa equazione, siccome è dimostro dal Prony nelle sue ricerche, mena ad una soluzione incompleta ed empirica; purtuttavia la formula che racchiude tale soluzione potrebbe avere di utili applicazioni. Allorchè si tratta della spinta delle acque o di terre oltremodo scorrevoli, ella conduce ai medesimi risultamenti avuti co'sopra descritti metodi grafici; ma quando le scarpe delle terre sono più inclinate all'orizzonte essa somministra grossezze maggiori. In generale, le grossezze che si ricavano da questa equazione e dalle sue derivate, sono maggiori di quelle che ottengonsi dalle equazioni in cui si tien conto dell'attrito della coesione ec., e minori di quelle che si hanno dall'equazioni in cui tali circostanze sono trasandate: cioè si hanno delle grossezze medie, che possonsi con sicurtà impiegare, quando si abbia la certezza che in veruna circostanza l'inclinazione naturale che prenderebbero le terre, ove non fossero rattenute, sia per eccedere quella che si è nel calcolo introdotta.

stanza da D al piede di questa perpendicolare, (ch' è D r nel nostro esempio) si porti sopra A B da A verso i e si conduca la i D; la sua intersezione f''' con hk, darà l' estremità interna della linea superiore del profilo. L' estremità esterna si determina sempre come sopra.

Mi rimane ancora da aggiungere qualche parola sul modo di applicare la *formola grafica* al caso in cui la superficie superiore del suolo soggiaccia ad un peso uniformemente scompartito in tutte le parti di lei, quale sarebbe un cordone di lastre di pietre, un marciapiede, un selciato ec. Questo caso non aumenta punto le difficoltà delle precedenti costruzioni, nè v' introduce cangiamento alcuno: esige soltanto l' attenzione di sostituire al rapporto di $\pi : \Pi$, quello di $\pi + \frac{3G}{h}$ a Π (1). Perchè ciò si renda chiaro per un esempio, che ai Pratici terrà luogo d' una compiuta spiegazione, supponghiamo che per un muro la cui altezza debba essere di 10 metri, il metro cubo delle terre pesi 1500 chilogrammi, quello della muratura pesi 1875 chilogrammi, e che la superficie superiore del terreno sia gravata di 312 chilogrammi e mezzo per metro quadrato: procedendo come poc' anzi, si sarebbe cercato il numero dei centesimi contenuti in $\frac{1500}{1875}$ ch' è 80, e si sarebbe fatto uso della divisione n.° 80 di F B ovvero di G C; ma nel caso che ciascun metro quadrato sopporti 312 chilogrammi e mezzo, fa duopo dividere il triplo di tal peso ovvero 937, 5 pel numero 10 di metri contenuti nell' altezza del muro, aggiugnere il quoto 93, 75, a 1500, e ricercare quanti centesimi si contengono in $\frac{1593,75}{1875}$: si troverà che sono 85, e si adoprerà la divisione 85 di F B, o T C come si sarebbe adoperata precedentemente la divisione 80.

Non dirò nulla del caso in cui si elevasse un parapetto in cima al muro. Il meglio che si possa fare in tal congiuntura, si è di operare dapprima senza tener conto del parapetto, nel modo descritto di sopra, e quindi per ritrovare la riduzione di spessezza dovuta al peso di questo parapetto, fare il semplicissimo calcolo aritmetico della formula del' art. 32 delle *Ricerche* (2).

---

(1) π è la gravità specifica delle terre; Π quella della muratura; G il peso che gravita sull' unità di superficie ed h l' altezza del muro.

(2) Ecco la regola che in tal caso si può seguire per calcolare la diminuzione che in grazia del peso del parapetto può soffrire la grossezza ottenuta co' metodi precedenti.

Aggiugni la scarpa totale del paramento esterno, ovvero paramento visto, alla semi-grossezza del parapetto; moltiplica la somma per l' aia della sezione trasversale del parapetto; dividi questo prodotto per un altro prodotto di due fattori, de' quali uno è l' altezza del muro, e l' altro la spessezza di esso muro alla base, diminuita della metà della scarpa totale del suo paramento interno; il quoto darà la cercata diminuzione di grossezza.

Il Prony chiama scarpa totale d' un paramento di muro, il prodotto dell' altezza di tal muro, dalla faccia superiore della piattaforma di fondazidue sino alla faccia superiore del cordone o coronamento, pel rapporto tra la base e l' altezza della scarpa; ovvero, che torna lo stesso, per la quantità rappresentante la scarpa espressa per l' unità di misura dell' altezza.

Tipo del calcolo

Si supponga l'altezza del muro uguale a	m. 6, 000
La scarpa del paramento esterno	» 0, 080
La scarpa interna dalla banda delle terre	» 0, 065
Spessezza del muro alla base	» 3, 170
Altezza del parapetto	» 1, 000
Spessezza del parapetto	» 0, 400

Risulta da questi dati, che la scarpa totale del paramento interno è m. 0, 48, alla quale aggiunta la semigrossezza del parapetto, la somma sarà m. 0, 68, che, moltiplicata per l'aia della sezione del parapetto, ch'è m. 0, 4, dà il prodotto di m. 0, 272. Il divisore di questo prodotto è m. 17, 850. Dividendo il primo prodotto per questo divisore, si ha per quoto m. 0, 0152 : vale a dire, che tenendo conto del parapetto, si può diminuire la grossezza del muro ottenuta co' metodi precedenti, tanto alla base che alla cima di 15 millimetri.

Il Prony osserva con ragione che una sì lieve riduzione non merita che se ne prenda conto ; ma è bene di sapere come s'abbia a calcolare, potendo in alcune circostanze essere più notevole.

Tavola che dà l'angolo formato da una linea di scarpa, con una orizzontale quando si conosce il rapporto della base all'altezza della scarpa, e che questa altezza non supera il doppio della base.

Le altezze delle scarpe sono indicate dai numeri posti nella colonna denominata *tangenti*. I *gradi* sono centesime parti del quadrante circolare. Il grado è diviso in cento *minuti*.

Tang.	Gradi	min.	Tang.	Gradi	min.	Tang.	Gradi	min.	Tang.	Gradi	min.
0	0	00	50	29	51	100	50	00	150	62	57
1	0	64	51	30	02	101	50	32	151	62	76
2	1	27	52	30	53	102	50	63	152	62	95
3	1	91	53	31	02	103	50	94	153	63	15
4	2	55	54	31	52	104	51	25	154	63	34
5	3	18	55	32	01	105	51	55	155	63	52
6	3	82	56	32	50	106	51	85	156	63	71
7	4	45	57	32	98	107	52	15	157	63	90
8	5	08	58	33	46	108	52	45	158	64	08
9	5	72	59	33	94	109	52	74	159	64	26
10	6	35	60	34	40	110	53	03	160	64	44
11	6	97	61	34	87	111	53	32	161	64	62
12	7	60	62	35	33	112	53	60	162	64	79
13	8	23	63	35	79	113	53	88	163	64	97
14	8	86	64	36	24	114	54	16	164	65	14
15	9	48	65	36	70	115	54	44	165	65	31
16	10	10	66	37	14	116	54	71	166	65	48
17	10	72	67	37	58	117	54	98	167	65	65
18	11	34	68	38	02	118	55	25	168	65	82
19	11	95	69	38	45	119	55	51	169	65	98
20	12	57	70	38	88	120	55	77	170	66	15
21	13	18	71	39	30	121	56	03	171	66	31
22	13	79	72	39	72	122	56	29	172	66	47
23	14	39	73	40	14	123	56	54	173	66	63
24	15	00	74	40	56	124	56	80	174	66	79
25	15	60	75	40	97	125	57	05	175	66	95
26	16	19	76	41	37	126	57	30	176	67	11
27	16	79	77	41	78	127	57	54	177	67	26
28	17	38	78	42	18	128	57	78	178	67	42
29	17	97	79	42	57	129	58	02	179	67	57
30	18	55	80	42	95	130	58	26	180	67	72
31	19	14	81	43	34	131	58	49	181	67	87
32	19	71	82	43	72	132	58	73	182	68	01
33	20	29	83	44	10	133	58	96	183	68	16
34	20	86	84	44	48	134	59	19	184	68	31
35	21	43	85	44	85	135	59	42	185	68	45
36	22	00	86	45	22	136	59	64	186	68	60
37	22	56	87	45	58	137	59	86	187	68	74
38	23	12	88	45	94	138	60	08	188	68	88
39	23	63	89	46	30	139	60	30	189	69	02

Tavola che dà l'angolo formato da una linea di scarpa, con una orizzontale quando si conosce il rapporto della base all' altezza della scarpa, e che questa altezza non supera il doppio della base.

Le altezze delle scarpe sono indicate dai numeri posti nella colonna denominata *tangenti*. I *gradi* sono centesime parti del quadrante circolare. Il grado è diviso in cento *minuti*.

Tang.	Gradi min.		Tang.	Gradi min.		Tang.	Gradi min.		Tang.	Gradi min.	
40	24	23	90	46	65	140	60	52	190	69	16
41	24	77	91	47	00	141	60	73	191	69	29
42	25	31	92	47	35	142	60	94	192	69	43
43	25	85	93	47	69	143	61	15	193	69	57
44	26	39	94	48	03	144	61	36	194	69	70
45	26	92	95	48	37	145	61	56	195	69	84
46	27	45	96	48	70	146	61	77	196	69	97
47	27	97	97	49	03	147	61	97	197	70	10
48	28	49	98	49	36	148	62	17	198	70	23
49	29	01	99	49	68	149	62	37	199	70	36
50	29	51	100	50	00	150	62	57	200	70	49

Tavola che dà il numero delle millesime parti della base d' una scarpa, contenute nell' altezza di questa stessa scarpa, per tutti gli angoli di grado in grado che può formare coll' orizzonte.

I gradi equivalgono a parti centesime del quadrante e le altezze delle scarpe si trovano nella colonna intitolata *tangente*; e questi sono i numeri che vanno scritti accanto alle divisioni corrispondenti all' arco KT della formola grafica.

Gradi	Tang.	Gradi	Tang.	Gradi	Tang.	Gradi	Tang.
0	0	25	414	50	1000	75	2414
1	16	26	433	51	1032	76	2526
2	31	27	452	52	1066	77	2646
3	47	28	471	53	1099	78	2778
4	63	29	490	54	1134	79	2921
5	79	30	510	55	1171	80	3078
6	95	31	529	56	1209	81	3251
7	110	32	550	57	1248	82	3442
8	126	33	570	58	1289	83	3655
9	142	34	591	99	1332	84	3895
10	158	35	613	60	1376	85	4165
11	175	36	635	61	1423	86	4474
12	191	37	657	62	1471	87	4829
13	207	38	680	63	1522	88	5242
14	224	39	703	64	1576	89	5730
15	240	40	727	65	1632	90	6314
16	257	41	751	66	1691	91	7026
17	274	42	776	67	1753	92	7916
18	291	43	801	68	1819	93	9058
19	308	44	827	69	1889	94	10579
20	325	45	854	70	1963	95	12706
21	342	46	882	71	2041	96	15895
22	360	47	910	72	2125	97	21205
23	378	48	939	73	2215	98	31821
24	396	49	969	74	2311	99	63657
25	414	50	1000	75	2414	100	Infinito.

FINE DELLE APPENDICI.

INDICE DELLE MATERIE.

SUNTO DELLA LEZIONE VII.

SUNTO DELLA LEZIONE VIII.

SUNTO DELLA LEZIONE IX.

SUNTO DELLA LEZIONE X.

PARTE SECONDA.

APPLICAZIONI ALLA COSTRUZIONE DELLE STRADE E DE' PONTI

SUNTO DELLA LEZIONE XI.

SUNTO DELLA LEZIONE XII.

SUNTO DELLA LEZIONE XIII.

SUNTO DELLA LEZIONE XX.

SUNTO DELLA LEZIONE XXI.

PARTE TERZA.

APPLICAZIONI AI LAVORI RELATIVI ALLA NAVIGAZIONE, ED A' PORTI DI MARE.

SUNTO DELLA LEZIONE XXII.

SUNTO DELLA LEZIONE XXIII.

SUNTO DELLA LEZIONE XXIV.

SUNTO DELLA LEZIONE XXV.

SUNTO DELLA LEZIONE XXVI.

SUNTO DELLA LEZIONE XXVII.

SUNTO DELLA LEZIONE XXVIII.

SUNTO DELLA SEZIONE XXIX.

SUNTO DELLA LEZIONE XXX.

APPENDICE I.

APPENDICE II.

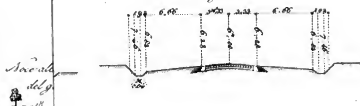
FINE DELL' INDICE.



ERRATA			CORRIGE
pag.	verso		
25	16	carcia	carica
28	2	colore	calore
33	ultimo	tutte la	tutte le
55	10	sostaza	sostanza
60	18	miscola	miscela
ivi	21	centimentro	centimetro
77	36	scora	scorza
117	13 della nota	abbassamento	innalzamento
132	1	nomini	uomini
146	23 della nota	tengente	tangente
ivi	38 ivi	continuti	continuati
158	2	lasiar	lasciar
ivi	19	uguale e quella	uguale a quella
168	22	zetterone	zatterone
176	14	poi anzi	poc' anzi
179	21	liberemente	liberamente
197	21	serbataio	serbatoio
205	penultimo	guato	guasto
207	ultimo	ratazione	rotazione
225	30	poche	poco
228	11	far le	fra le
ivi	33	vantaggiasa	vantaggiosa
234	15	risulanti	risultanti
236	14	caricia	carica

N. B. La numerazione delle pagine, da quella che segue la 236.ma fino all'ultima è errata, e per emendarla fa duopo a ciascun numero aggiugnere 16.

Fig. 2.



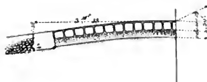


Fig. 3.

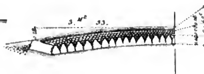
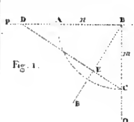
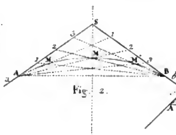


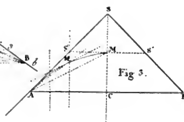
Fig. 5.

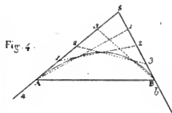


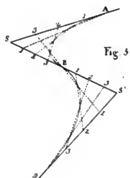
Fig. 6.

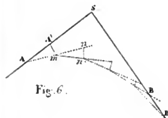

Fig. 1.

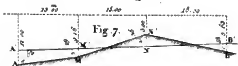

Fig. 2.

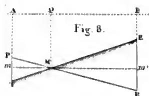

Fig. 3.

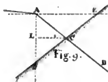

Fig. 4.

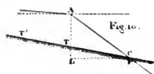

Fig. 5.

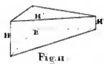

Fig. 6.

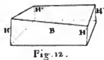

Fig. 7.

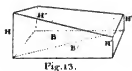

Fig. 8.


Fig. 9.


Fig. 10.


Fig. 11.


Fig. 12.


Fig. 13.



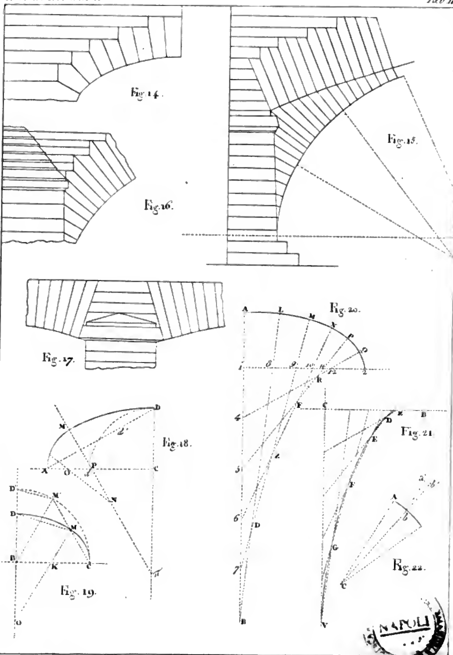

Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.



Fig. 23.

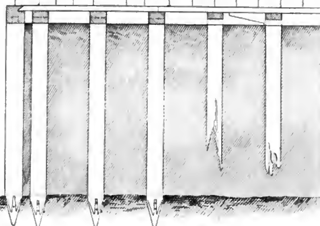
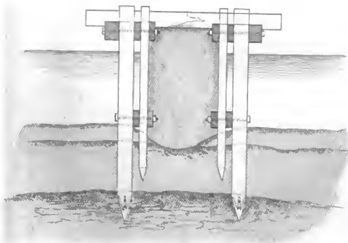


Fig. 24.

Fig. 25.



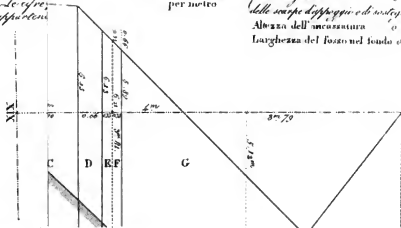


Calcolo delle quote rosse. Punti di passaggio
Decomposizione dè solidi &

Le linee f
Quello cont
compenetra
Quelle c
lati dei s
Le cifre
Solidi e g
Le cifre
appartene

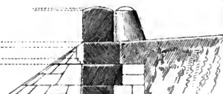
DATI

Larghezze	*dell' incassatura*	$6.^{m}00$
	del margine	3.00
Inclinazione longitudinale del progetto per metro		0.08
Inclinazioni trasversali per metro	*del capostrada*	0.08
	del margine	0.08
	delle scarpe d'appoggio e di sostegno	45°
Altezza dell' incassatura		0.40
Larghezza del fosso nel fondo		0.60

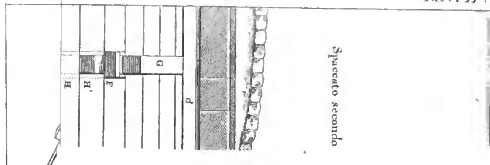


Ant. Rossi inc.

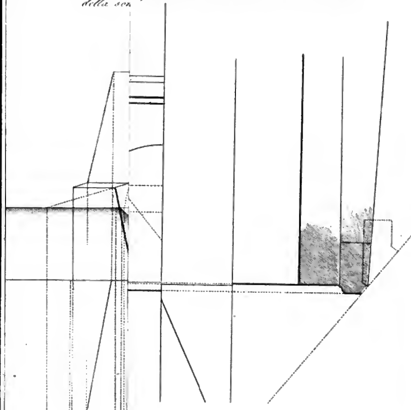
Spaccato secondo C. D.



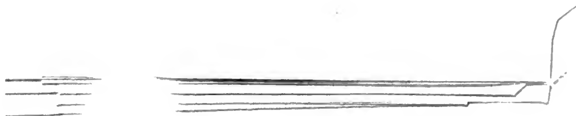
Ant. Rossi inc.

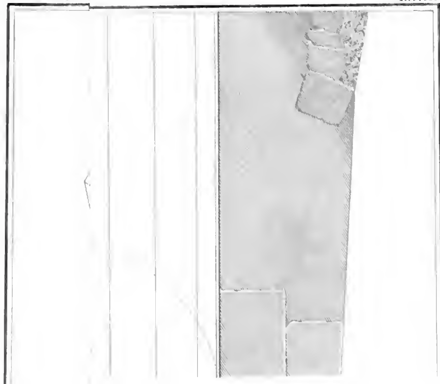

Spaccato secondo
H
H'
F
G
p

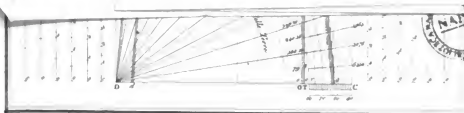




Ant. Rossi inc.







Ant. Rossi inc.

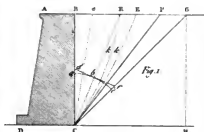




Fig. 3

Linea delle inclinazioni dei muri

0 5 10 15 20 25 30

Linea delle gravità specifiche

60 70 80 90

Metri

Metri

Inclinazione delle linee di pressione delle Terre

Ant. Rossi inc.



